

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA

Katedra environmentálního inženýrství

**SOLNÝ STRES U RÁKOSU OBECNÉHO PĚSTOVANÉHO
JAKO HYDROPONIE**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor:

Bc. Anna Brodská

Vedoucí diplomové práce:

RNDr. Jana Nováková, Ph.D.

Ostrava 2018

VŠB-TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA

FACULTY OF MINING AND GEOLOGY

Department of environmental engineering

SALT STRESS AT COMMON REED GROWN AS

HYDROPINICS

DIPLOMA THESIS

Author:

Bc. Anna Brodská

Supervisor:

RNDr. Jana Nováková, Ph.D.

Ostrava 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Anna Brodská**

Studijní program: N2102 Neroztné suroviny

Studijní obor: 3904T005 Environmentální inženýrství

Téma: **Solný stres u rákosu obecného pěstovaného jako hydroponie**
Salt Stress at Common Reed Grown as Hydroponics

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl diplomové práce
2. Rákos obecný
 - 2.1. Charakteristika rákosu obecného
 - 2.2. Výskyt
 - 2.3. Využití
3. Solný stres
4. Hydroponie
 - 4.1. Charakteristika hydroponií
 - 4.2. Historie pěstování hydroponií
5. Metodika
 - 5.1. Příprava experimentu
 - 5.2. Vyhodnocení experimentu
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

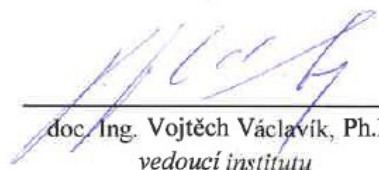
- PITTER, P., Hydrochemie. 4. přeprac. vyd. Vysoká škola chemicko- technologická v Praze, Praha 6 : Vydavatelství VŠCHT, 2009. 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
- SALZER, Ernst H. Pěstování rostlin bez půdy. Praha: SZN, 1968. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství).
- DUCHOŇ, František a Jaroslav John KYNČL. Pěstování rostlin bez půdy: hydroponie. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1960.
- KOLBEK, Jiří a Václav VĚTVIČKA. Rostliny na každém kroku. Praha: Granit, 2000. ISBN 80-85805-95-2.
- NÁTR, Lubomír. Koncentrace CO₂ a rostliny. Praha: ISV, 2000. ISBN 80-85866-62-5.
- MICHAEL RAVIV a J. HEINRICH LIETH. Soilless culture: theory and practice. Amsterdam: Elsevier Science, 2007. ISBN 9780444529756.
- EDITED BY ISMAIL TURKAN. Plant responses to drought and salinity stress developments in a post-genomic era. Oxford: Academic, 2011. ISBN 9780123876928.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **RNDr. Jana Nováková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018



doc. Ing. Vojtěch Václavík, Ph.D.
vedoucí institutu





doc. Ing. Jan Valíček, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlášení autora diplomové práce

- Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 30. 4. 2018



Anna Brodská

Poděkování:

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí mé diplomové práce RNDr. Janě Novákové, Ph.D. za veškeré konzultace během zpracovávání diplomové práce, za cenné rady, připomínky a trpělivost, které mi pomáhaly při vytváření textu.

Velké poděkování patří také mé rodině a blízkým, a to jak za vytvoření příznivých podmínek pro psaní předložené diplomové práce, tak za neustálou podporu po celou dobu mého studia.

Anotace

Slané důlní vody, charakteristické pro hlubinnou těžbu v ostravsko – karvinském revíru, negativně ovlivňují životní prostředí, faunu i flóru. Existují ovšem rostliny, nazývané halofyta, které se adaptovaly na vysokou salinitu a odolávají solnému stresu. Mezi halofytní rostliny řadíme rákos obecný. Procesy fytořemediace u slaných důlních vod, byly experimentálně ověřovány v laboratorních podmínkách na hydroponicky pěstovaných rákosech obecných. Během tohoto experimentu se zjišťoval solný stres u těchto rostlin a sledovaly se vybrané parametry chemismu vzorků vody z hydroponií. Sledovalo se také rozdílné chování hydroponií rákosů obecných odebraných z kalové nádrže dolu Lazy, již adaptovaných na slané důlní vody a hydroponie rybníčních rákosin nezatížené salinitou.

Klíčová slova:

Rákos obecný, solný stres, fytořemediace, hydroponie, důl Lazy, rybník Rojek

Summary

Salt mine waters, characteristic of deep-water mining in the Ostrava-Karviná district, negatively affect the environment, fauna and flora. There are, of course, plants called halofyta that adapt to high salinity and resist salt stress. Among the halophytic plants we include the common reed. Phytoremediation processes in salt mines were experimentally tested in laboratory conditions of hydroponically grown on common reed. During this experiment, salt stress was detected in these plants, and selected parameters of chemistry of water samples from hydroponics. Different behavior was evaluate of hydroponics of reeds taken from the Lazy Mine Sludge Reservoir, already adapted to salty mining waters and hydroponics from pond, without salinity.

Keywords:

Common reed, salt stress, phytoremediation, hydroponics, mine Lazy, pond Rojek

OBSAH

1	ÚVOD A CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	1
2	DŮLNÍ VODY.....	2
2.1	Důlní voda a legislativa České republiky.....	2
2.2	Zdroje důlních vod	3
2.3	Typy důlních vod	5
2.4	Slané důlní vody.....	6
3	FYTOREMEDIÁČNÍ PROCESY.....	7
3.1	Kořenová čistírna	9
4	RÁKOS OBECNÝ	11
4.1	Charakteristika rákosu obecného	11
4.2	Výskyt	11
4.3	Využití.....	12
5	SOLNÝ STRES.....	14
5.1	Salinita a jejich působení na rostliny	15
5.2	Halofytní rostliny	16
6	HYDROPONIE.....	18
6.1	Charakteristika hydroponií.....	18
6.2	Druhy hydroponií	20
6.3	Historie pěstování hydroponií	20
7	METODIKA.....	23
7.1	Příprava experimentu	23
7.2	Popis vybraných parametrů experimentu hydroponií	29
7.3	Metodika měření vybraných parametrů	32
7.3.1	Měření rozpuštěného kyslíku	33

7.3.2	Měření konduktivity	34
7.3.3	Měření salinity	36
7.3.4	Měření pH.....	36
7.3.5	Analýza chloridů	37
7.3.6	Měření živin	39
7.3.7	Analýza keramzitu.....	41
8	VYHODNOCENÍ EXPERIMENTU.....	43
8.1	Výsledky měření in situ	47
8.1.1	Výsledky měření rozpuštěného kyslíku	47
8.1.2	Výsledky měření konduktivity	50
8.1.3	Výsledky měření salinity	54
8.1.4	Výsledky měření pH.....	56
8.2	Výsledky měření ex situ.....	57
8.2.1	Výsledky analýzy chloridů.....	58
8.2.2	Výsledky měření živin.....	60
8.2.3	Výsledky analýzy keramzitu	61
9	DISKUZE	62
10	ZÁVĚR	68
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK		
SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ		
SEZNAM TABULEK		
SEZNAM PŘÍLOH		
PŘÍLOHY		

1 ÚVOD A CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Z dolu Lazy, který se nachází v ostravsko – karvinském černouhelném revíru, vytékají slané důlní vody. Tyto důlní vody s vysokou mineralizací a vysokým obsahem solí mají nežádoucí vliv na životní prostředí včetně fauny a flóry. Vysoké koncentrace solí jsou pro většinu rostlin toxická, ale existují ovšem rostliny nazývané halofyta, které dokáží růst, rozmnožovat se a přežít i v místech s vysokým až extrémním obsahem solí. Mezi halofytní rostliny řadíme i rákos obecný, známý jako velmi odolná a vytrvalá rostlina. Rákos obecný se hojně vyskytuje, také na území dolu Lazy, které je zatíženo vysokými koncentracemi solí.

Jednou z možností, jak snižovat kontaminaci organickými látkami, těžkými kovy a radionuklidy je fyto remediac e. Jedná se o poměrně nový, přírodě blízký proces, který využívá zelené rostliny pro odstraňování kontaminantů z půdy a vody.

Danou diplomovou práci můžeme rozdělit na dvě části, část rešeršní a experimentální. Rešeršní část diplomové práce charakterizuje důlní vody, konkrétně i slané důlní vody, nastiňuje fyto remediační procesy a popisuje rákos obecný, jeho výskyt a využití. Dále se věnuje solnému stresu a jeho působení na rostliny a zmíněny jsou i halofytní rostliny. V poslední kapitole rešerše byly shrnuty základní informace o hydroponiích, jejich výhody a nevýhody.

Experimentální část obsahuje metodiku, která zahrnuje přípravu experimentu, popis vybraných parametrů experimentu a metodiku měření vybraných parametrů. V poslední části jsou uvedeny výsledky z experimentálního měření a diskuze.

Hlavním cílem diplomové práce je zhodnocení hydroponií rákosu obecného odebraného ze dvou odlišných zájmových území a jejich fyto remediačních schopností. Dílčím cílem DP je dále vyhodnotit pěstování hydroponií, jejich reakce na solný stres a zároveň i chemická analýza vody odebrané z hydroponií, chemická analýza keramzitu a měření vybraných parametrů. Mimo jiné budou výsledkem práce naměřené hodnoty konduktivity, koncentrace chloridů, salinity, ale i pH a rozpuštěného kyslíku ze vzorků vody z hydroponií.

2 DŮLNÍ VODY

Během těžby nerostných surovin proniká do důlních prostor voda, která se zde mísí se stálými podzemními a povrchovými vodami. Tyto vody, vzniklé díky těžební činnosti, nazýváme důlními vodami [1].

Důlní vody mohou vznikat mísením antropogenních a přírodních zdrojů, mohou být součástí těžené nerostné suroviny nebo transportním médiem. Důlní vody řadíme mezi směsné vody, kterým se z důvodu zadržení ve starých důlních dílech, prouděním i vlivem sníženého původního tlaku a odplynění, mění jejich chemismus [1].

Z bezpečnostního hlediska se během těžební činnosti i po jejím ukončení čerpá důlní voda a vypouští se do vodotečí v určených limitech tak, aby nedošlo k obecnému ohrožení základních funkcí toků. Důlní voda se odčerpává z činných dolů i z dolů uzavřených pro udržení stabilní úrovně hladiny důlní vody a aby nedocházelo k ovlivnění hornické činnosti v aktivních dolech [2].

2.1 Důlní voda a legislativa České republiky

Problematika důlních vod se dotýká jak horního, tak vodního zákona a další legislativy z nich vyplývajících.

Důlní voda a horní zákon

Přesnou definici důlních vod najdeme v horním zákoně č. 44/1988 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství, pod paragrafem §40. Zde pojem důlní vody charakterizují jako“ *všechny podzemní, povrchové a srážkové vody, které vnikly do hlubinných nebo povrchových důlních prostorů bez ohledu na to, zda se tak stalo průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo boku nebo prostým vtékáním srážkové vody, a to až do jejich spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami.*“ Důlními prostory je myšleno, jak důlní díla, tak i založené, vyrubané a zavalené území v hlubinných dolech, prostory po vytěženém ložisku v lomech, hliništích a po těžbě štěrku a písku z vody. Proto za důlní vody považujeme všechny podzemní i povrchové vody, které se dostaly do prostorů hlubinného, povrchového dolu, hliniště, kamenolomu, štěrkovny nebo pískovny. Mezi důlní vody patří i vody ropných a plynových ložisek [1]; [3].

Doposud není vyřešeno postavení důlních vod po ukončení těžby, to znamená po ukončení likvidace lomu, dolu, hliniště. V době aktivní těžby se kvalita a množství důlních vod liší od stavu po ukončení hornické činnosti, avšak jejich zařazení již ne, protože podle § 40 odst. 1 horního zákona, jsou i po ukončení hornické činnosti důlní vody považovány za důlní vody. Jejich existence se váže na hornickou činnost a časově se neomezuje [1]; [4].

Důlní voda a vodní zákon

Dle vodního zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů ve znění pozdějších předpisů jsou důlní vody považovány za podzemní a povrchové vody a vodní zákon se na ně vztahuje, jestliže horní zákon neurčuje jinak. Vodohospodářský úřad vydává povolení k nakládání s vodami (vypouštění zvláštních vod do povrchových a podzemních vod), ovšem pro důlní vody povolení neplatí a odkazuje se na speciální právní předpisy horního zákona. [4].

V paragrafu § 7 vodního zákona se uvádí, že organizace mohou bez povolení a souhlasu vodohospodářského orgánu využívat důlní vodu pro svou vlastní potřebu. Povinností organizace je poskytnutí odběru a využití nepotřebného množství důlní vody, těm, kteří dostali povolení od vodohospodářského úřadu, a to v případě, že daná organizace neupotřebí důlní vodu k vlastnímu užití [5].

Paragraf § 23 odst. 1 vodního zákona se týká vypouštění důlních vod a zní: *“Kdo vypouští odpadní vody nebo zvláštní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen dbát, aby jakost povrchových nebo podzemních vod nebyla ohrožena nebo zhoršena. Za tím účelem je povinen zejména zajišťovat zneškodňování vypouštěných vod způsobem odpovídajícím současnému stavu technického pokroku.”*. Tato podstatná zásada platí pro všechny, kteří vypouští důlní nebo odpadní vody [5].

2.2 Zdroje důlních vod

Vznik důlních vod bývá výsledkem působení přírodních i antropogenních vlivů [6].

Přírodní zdroje důlních vod

Přírodními zdroji jsou ložisková i mimoložisková voda [6].

Ložisková voda

Jedná se o podzemní vody v oblasti ložisek nerostných surovin, které se shromažďují v ložiskových výplních, v bočních, nadložních nebo podložních horninách (jestliže jsou v hydraulické spojitosti s ložiskem). Ložiskové vody utváří systémy s hladinou najatou i volnou a dále se dělí na [6]:

Ložisková voda ovlivněná důlní činností, kde při pohybu této vody ve zvodněné struktuře vznikají nové, umělé odvodňovací báze. S tím souvisí i změna hydraulických parametrů horninových komplexů, například propustnost, ovlivnění tlakového režimu i hydrochemické složení. Pohyb vody je řízen zákony proudění tekutin horninovým prostředím [6].

Ložisková voda neovlivněná důlní činností, kde pohyb vody určují obzvláště hydrogeologické a geologické faktory v přírodním, důlní činností neovlivněném stavu. Pohyb vody ve zvodněné struktuře je řízen zákony proudění tekutin horninovým prostředím [6].

Mimoložisková voda

Mimoložiskové vody jsou charakteristické infiltrací do důlního díla z povrchu, například vody z povrchových toků a nádrží, z atmosférických srážek. Vody se do oblastí důlních děl dostávají ovlivňováním horninového prostředí důlní činností [6].

Antropogenní zdroje důlních vod

Mezi antropogenní zdroje důlních vod patří provozní a technologické vody. Tyto vody se dostávají do důlních prostor uměle, většinou potrubím [6].

Provozní důlní vody

Jde o vody používané například jako protipožární vody, vody protiprašné úpravy a jako vody pitné [6].

Technologické vody

Technologické vody se využívají převážně pro vrtání s vodním výplachem, pro hydraulické mechanismy (rozpojování hornin, technologie dopravy hmot) [6].

Stařinové vody

Za zvláštní druh důlních vod považujeme stařinové vody, což jsou smíchané ložiskové, mimoložiskové i provozní vody protékající nebo shromažďující se v pustých důlních prostorech, v závalech porubů atd.. Stařinové důlní vody tečou starými důlními doly dle zákonů proudění v otevřených korytech a v potrubí. V místech, která jsou zavalená, proudí zároveň podle zákonů filtrace průlinovým prostředím [6].

2.3 Typy důlních vod

Co se týče složení důlních vod, záleží na různých faktorech [7]:

- hloubka těženého horizontu
- geologické složení hornin
- složení těžené suroviny [7].

Rozdílné složení důlních vod mají důlní vody z povrchové těžby a z těžby hlubinné [7].

Důlní vody z povrchové těžby

Důlní vody z povrchové těžby jsou charakteristické nízkým pH (důsledek vyluhování a oxidace přítomných složek), vysokou koncentrací síranů a rozpuštěných látek. Tyto vody označujeme kvůli zmíněnému nízkému pH jako kyselé důlní vody tzv. AMD (acid mine drainage). Vody obsahují pyritické složky, které jsou typické pro rudné a uhelné lomy. Ve vodách se vyskytují také rozpuštěné kovy, např. železo, mangan, hliník [8].

Důlní vody z hlubinné těžby

Na rozdíl od důlních vod z povrchové těžby, vody z těžby hlubinné mají neutrální nebo slabě alkalické pH. V těchto vodách se vyskytují převážně sírany a chloridy, ale i železo a další rozpuštěné látky [8].

2.4 Slané důlní vody

V ostravsko-karvinském revíru (OKR), konkrétně na uhelném dole Lazy, se nachází slané důlní vody ložiskového typu. Důlní vody vznikají na hlubinných dolech a mají vysokou mineralizaci (mineralizace na dole Lazy 1 000 – 10 000 mg/l) [6].

Ve složení slaných důlních převládají z rozpuštěných anorganických solí (RAS) chloridy a z kationů dominuje sodík. Kromě iontu Cl^- a Na^+ se vyskytují ve slaných důlních vodách sírany, hydrogenuhličitan, některé alkalické kovy (vápník, draslík, hořčík), kovy (železo, mangan, arsen, kadmium) a nerozpuštěné látky (NL) [9].

Za významný zdroj slaných důlních vod v OKR považujeme tzv. detrit (hydrogeologická struktura prvního řádu). Voda v oblasti detritu je fosilní mořská voda z třetihorního období. Z hydrochemického hlediska jde o vody typu Na-Cl s kolísavou mineralizací a fyzikálně senzorickými vlastnostmi [6]; [10].

Své využití získaly slané důlní vody v lázeňství a v dobách minulých se z této důlní vody vyráběla léčivá „darkovská sůl“ [6].

Chloridy

Přírodním způsobem se chloridy dostávají do vody vyluhováním hornin nebo půdy, které obsahují chloridy a došlo k jejich zvětvování. Vysoká koncentrace chloridů převažuje u ložisek kamenné soli (halit) a u ložisek solí draselných (sylvín, kainit) a sloučeniny chloridů vulkanického původu. Podzemní vody protékající miocenními uloženinami a karbonem nebo jeho hlubším podložím jsou zdrojem chloridů v důlních vodách v OKR. [11]

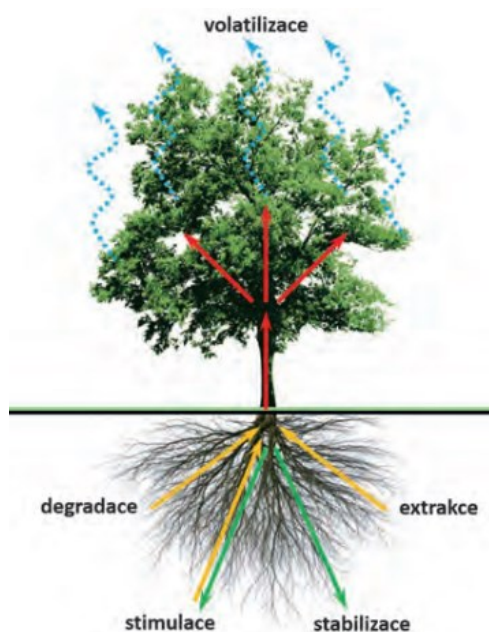
Mezi antropogenní zdroje chloridů řadíme posypové soli, používané v zimě pro sjízdnost komunikací, odpadní vody organického průmyslu a kyselin chlorovodíkovou používanou pro moření kovů. Chloridy najdeme mimo jiné také v odpadech ze zemědělské a živočišné výroby [6]; [11].

3 FYTOREMEDIACNÍ PROCESY

Fytoremediace je remediační technologie využívající zelené rostliny k odstraňování, fixaci nebo rozkladu kontaminujících látek v životním prostředí, obsažených v půdě, sedimentech, kalech, podzemní vodě, povrchové vodě, a dokonce i ve vzduchu. Rostliny během fytoremediačního procesu přeměňují látky toxické na látky méně toxické nebo netoxické pomocí jejich metabolických detoxikačních procesů. Přeměněné látky se potom akumulují v tělech rostlin, v pletivech a buňkách. Ne všechny látky dokáže rostlina přeměnit, tak je po absorpci shromažďují v tělech a ty se potom likvidují během dalšího zpracování rostliny po sklizni [12]; [13].

V dnešní době se fytoremediace využívá jako technologie pro čištění i slaných odpadních vod. Halofytní rostliny jsou vhodné pro tento typ snižování kontaminace. V Izraeli byl proveden výzkum s halofytní rostlinou *Bassia indica* a bylo zjištěno, že dokáže snížit salinitu vod o 20–60 %. Soli se v rostlině akumulují převážně v listech [15].

Za výhody fytoremediací považujeme šetrnost k životnímu prostředí, levné pořizovací náklady, šetrnost a estetický význam v přírodě. Nevýhodou může být nízká efektivita a dlouhá doba procesu. Fytoremediace dělíme podle způsobu, jakým rostlina dekontaminuje kontaminovanou látku (viz Obrázek 1) [12]:



Obrázek 1: Fytoremediace [38]

Fytoextrakce

Po vysazení vhodné rostliny na kontaminovanou oblast se kontaminanty akumulují v rostlině, převážně ve vakuolách a buněčných stěnách (ligninu) a jsou mikrobiálně, tepelně a chemicky zpracovány. Pomocí této metody se nejúčinněji odstraňují toxické kovy a rostliny, po jejich akumulaci v pletivech, jsou schopny růstu a prosperity [13].

Rhizofiltrace

Metoda rhizofiltrace využívá sorpci kořenů rostlin pro čištění znečištěné vody. Odstraňuje především kontaminaci těžkými kovy, ale poradí si i s organickými polutanty ve vodním prostředí. Pro akumulaci některých těžkých kovů z vody rhizofiltrací jsou vhodné rostliny s rychle rostoucím kořenovým systémem, např. kukuřice setá (*Zea mays*), slunečnice roční (*Helianthus annuus*) nebo rýže (*Oryza*) [13]; [14].

Fytodegradace

Rostliny použity pro fytodegradaci kontaminanty přímo transformují na látky netoxické. Pomocí enzymatického aparátu, který je zapojen do detoxikačního procesu, rostliny metabolizují široké spektrum chemických, zejména organických látek. Proces probíhá v mnoha krocích a v konečné fázi se metabolit ukládá do buněčné stěny a vakuol. Ještě efektivněji probíhá fytodegradace za spolupráce s bakteriemi a houbami [13]; [14].

Fytodegradaci mohou být z půdy odstraňovány ropné látky, polyaromatické uhlovodíky, chlorované a organofosfátové pesticidy a detergenty [13].

Fytovolatilizace

Těkavé organické látky jako například trichloretylen se vyskytují v ovzduší v plynném stavu. Při procesu fytovolatilizace rostlina využívá listy pro absorpci kontaminantů. Vhodné rostliny pro tuto metodu jsou i stromy v městských parcích např. jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum*), kde pomáhají čistit ovzduší [14].

Fytostabilizace

Fytostabilizace se využívá v oblastech s výskytem xenobiotik (haldy, odkaliště) jako poslední krok uprav sanovaných ploch. Rostliny stabilizují kontaminanty ve svých orgánech pomocí redoxních přeměny (redukce Cr^{VI} na Cr^{III}), přeměny kontaminantů

do nerozpustných podob (olovo ve vazbě s fosfátem) a zabudování do rostlinných struktur [13].

3.1 Kořenová čistírna

Vytváření kořenových čistíren, tzv. umělých mokřadů k čištění vod je vůči životnímu prostředí jedno z nejšetrnějších řešení čištění odpadních vod. Jeho obliba spočívá mimo jiné i v nízké pořizovací ceně. Problémem je zvýšená salinita v ošetřovaných vodách, a to zejména v suchých a polosuchých oblastech, protože může poškodit úrodu mokřadních systémů. Je ovšem dokázáno, že slanomilné mokřadní rostliny snižují slanost odpadních vod hromaděním solí v tkáních rostlin [15].



Obrázek 2: Kořenová čistírna, rákos obecný [25];

Jedná se o přírodní proces, založený na mechanických, fyzikálně-technických a biologických procesech (sedimentace, filtrace, srážení, adsorpce, mikrobiální rozklad, chemický rozklad, rostlinný metabolismus), které probíhají v půdních prostředích a ve vodě, za přispění pomoci kořenů vodních a bahenních rostlin [25]; [42].

KČOV (kořenovou čistírnu odpadních vod) tvoří soustava mělkých bazénů, kde kanalizace odvádí odpadní vodu. Abychom zabránili prosáknutí znečištěné vody do podzemních vod, je důležité, vyložit bazén nepropustnou plastovou fólií oboustranně chráněnou tzv. geotextilií. Pro zasypání dna se používá písek hrubšího zrna nebo štěrk a následuje vrstva zeminy. Na zeminu už můžeme vysázet námi vybrané bahenní rostliny [43].

Jako nejpřínosnější porosty se v těchto čistírnách osvědčily rákosiny (viz Obrázek 2), převážně rákos obecný (*Phragmites australis*) a různé bahenní a dekorativní vodní rostliny, např. chrastice (lesknice) rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), zblochan vodní (*Glyceria maxima*), orobinec (*Typha spp.*), blatouch bahenní (*Caltha palustris*), kosatec žlutý (*Iris pseudacorus*), tužebník jilmový (*Filipendula ulmaria*) a další [45].

4 RÁKOS OBECNÝ

Rákos obecný (viz Obrázek 2), latinským názvem *Phragmites australis*, je jeden ze zástupců čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) a řadíme jej mezi neohrožené druhy. Název rostliny pochází z řečtiny, kde slovo *fragma* přeložíme jako ohrada nebo plot, ke kterému se rákos obecný často využívá [16]; [17].

4.1 Charakteristika rákosu obecného

Tato statná travina šedozeleného zbarvení může v našich podmínkách vzrůst až do výšky 4 metrů. Z podzemního větveného oddenku narůstajícího převážně v podzimním období vyrůstají stébla. Rostlinná pletiva rákosu obecného obsahují kyselinu křemičitou a stébla brzy dřevnatí. Na koncové části stébla vyrůstá 20 cm až 40 cm dlouhá lata, která se zbarvuje do červenohněda a po odkvetení chlupatí. Doba kvetení se pohybuje v rozmezí června až září a plodem je obilka [16]; [17].

Drsné a tuhé listy rákosu obecného s dlouhými listovými pochvami se při deštivém počasí stočí okolo stébla a vytvoří tak ochranu před zlomením rostliny. Koncem letního období, se listy dorůstající délky půl metru, pravoúhle odkloní od stébla. Délka listů dosahuje až 50 cm a šířka 4 cm. [16]; [18].

Rákos obecný se rozmnožuje dvěma způsoby, pomocí semen anebo vegetativně. Intenzivněji probíhá rozmnožování pomocí oddenků, které mohou v půdě dorůstat až 12 metrů (vegetativní způsob). Pomocí výzkumů bylo zjištěno, že populace se mohou vyvíjet nejdříve ze semena a později již vegetativně, dominuje jeden nebo více klonů, které jsou dobře přizpůsobeny místním podmínkám. Regenerace rákosu obecného ze semen, je oproti vegetativnímu množení poměrně neúčinná, přestože se nachází v jedné latě nebo květu okolo tisíce úrodných semen [19].

4.2 Výskyt

Rákos obecný je pro svou vytrvalost a odolnost kosmopolitní rostlina rostoucí po celém světě, na všech kontinentech, vyjma Antarktidy. Rákos roste i na antropogenních stanovištích. Konkrétně v České republice, můžeme rákos obecný najít na březích a okrajích tekoucích i stojatých vod, v mokřadech, bažinách, podmočených loukách a v lužních a vlhkých lesích. Tyto zamokřená stanoviště si vybírá z důvodu neustálé

potřeby vody. Proto se vyskytuje v místech akumulace vody nebo v oblastech, kde se podzemní voda vyskytuje v hloubce 4 metry (oddenky narůstají do značné hloubky, proto mohou vodu natáhnout) [16]; [19]; [20].

Charakteristickými schopnostmi rákosu je vyrovnávání se s teplotními, pH výkyvy a tolerance vůči znečištění, jak organického, tak antropogenního původu. Odolává také solnému stresu, proto se vyskytuje i na slaných stanovištích, například u vyvěrajících minerálních pramenů, u slaných jezer nebo i u moří. Toleruje tedy brakické podmínky, ale zároveň i oligotrofní a eutrofní vodní prostředí a vyžaduje prostředí bohaté na živiny. Rákos dokáže setrvat na jednom místě mnoho let, a to i za předpokladu změny podmínek. Díky oddenkům, které rychle rostou a rozvětřují se, vytváří rozsáhlé rákosiny a mohou se stát plevelem pro některé rostliny zavlažovaných zemědělství. Protože se rychle šíří a vytlačuje ostatní pobřežní, mokřadní vegetaci, řadíme rákos obecný mezi invazní druh [16]; [20]; [21]; [22].

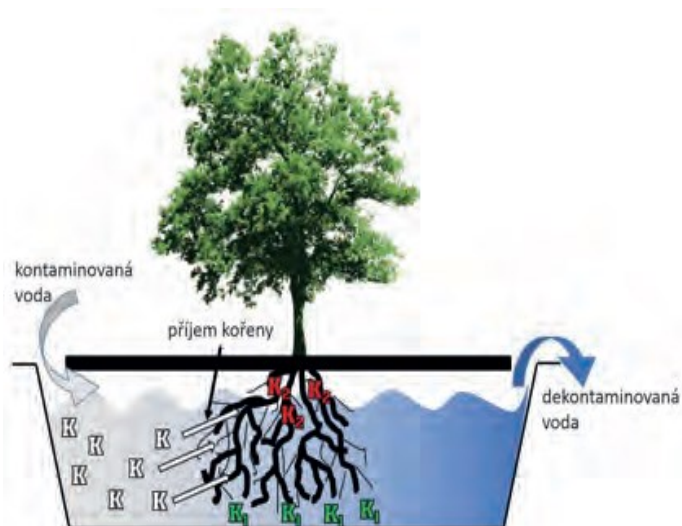
4.3 Využití

Užití této rostliny můžeme označit za širokospektrální. Rákos obecný vytváří obrovské množství biomasy, proto se do doby rozkvětu kosí a poté slouží jako podestýlka a obživa pro dobytek. V okolí řeky Dunaje se rákos primárně zpracovává pro stavební a papírenský průmysl (výroba celulózy). Ze stébla se pletou ploty, rohože a mohou se použít i jako střešní krytina [16]; [21].

Tato pobřežní rostlina má i ochrannou funkci, chrání hráze toků před ničivým vlnobitím a své útočiště a místo k trvalému přežití mezi rákosinami našlo mnoho ptáků. Využívá se pro své léčivé vlastnosti, např. ulevuje od bolesti břicha, v krku, působí chladivě a protizánětlivě [16]; [21].

Bylo také zjištěno, že rákos obecný můžeme použít pro fytoimediační procesy. Tyto procesy dělíme na biologické, fyzikální a chemické. Pro správné fungování procesu je nepostradatelná biologická dostupnost kontaminantů, kde závisí na typu půdy, stáří kontaminace, a zda vykazuje látka lipofilní vlastnosti [23].

Proces rhizofiltrace, který znázorňuje Obrázek 3, je jeden z fytoimediačních procesů, který využívá rákos pro čištění. Během rhizofiltrace se hromadí kontaminovaná látka nejen v nadzemních částech, ale i v kořenovém systému. Při použití této metody, musíme po ukončení fytoimediace, likvidovat rostliny jako „nebezpečný odpad“ [24].



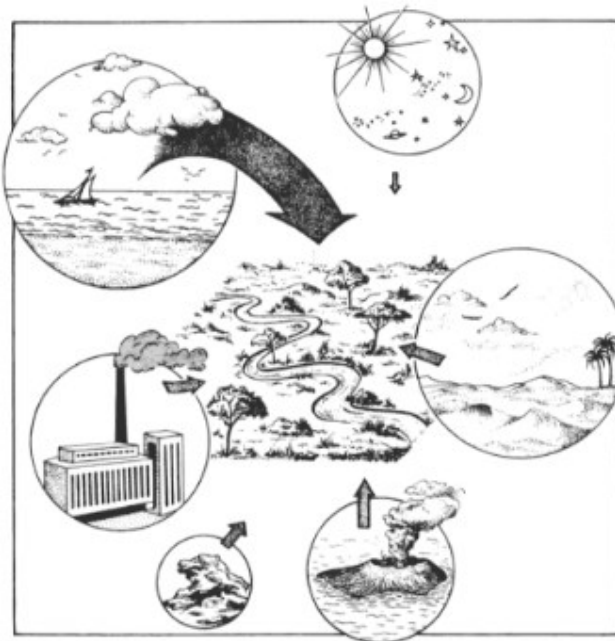
Obrázek 3: Rhizofiltrace [24]

Rákos obecný se může také využít pro čištění odpadních vod, jak v domácnostech, tak například může čistit vodu v přírodním koupališti. Vysazuje se kvůli schopnosti snášet vysokou koncentraci organického znečištění. S chřasticí rákosovitou (*Phalaris arundinacea*) tvoří vhodnou sestavu pro kořenové čistírny [25].

5 SOLNÝ STRES

V rostlinách se nachází protein, jehož funkcí bývá vychytávání solí, kterou ukládá do rostlinné buňky. Při vyšších koncentracích solí není bílkovina schopna zabudovat sůl do buněk, a tak volná přítomnost solí v rostlině poruší biochemické pochody a rostlina pomalu umírá [64].

Solný stres můžeme charakterizovat jako odezvu rostliny na nadměrný příjem solí z půdního nebo vodního prostředí. Se zasolením se potýkají země ve všech klimatických oblastech, ať už ve vlhkých tropech nebo v polárních oblastech, tak ve všech nadmořských výškách. Paradoxem zůstává fakt, že soli tvoří běžnou a nezbytnou složku půd a některé soli, např. draslík a dusičnany, řadíme mezi potřebné rostlinné živiny. Soli se do půd a vod dostávají buď primární, nebo sekundární cestou. Primárně, přirozeně k salinizaci neboli zasolení, dochází vyluhováním slaných nerostů (halit). Zdroje jsou tedy litogenní nebo mořské. Sekundárně salinizaci způsobují především zásahy lidského faktoru (antropogenní zdroj), například odlesňováním, zavlažováním, nadměrnou nebo intenzivní sklizní a desertifikací, se kterou se u nás potýká Jižní Morava. Některé soli se mohou dostat do zemské kůry ze zdrojů jako je kosmický prach nebo sopečná aktivita, jak můžeme vidět na níže přiloženém Obrázku 4 [26]; [27]; [28]; [29].



Obrázek 4: Zdroje solného stresu [29]

Existují různé druhy slanosti, (např. podle chemického složení: chloridy, sírany, uhličitany, bor, hořčík), které závisí na podmínkách a vlastnostech půdy, na procesech v ekosystému a klimatických podmínkách. Nejčastěji jsou saliny (oblasti s vysokou koncentrací solí) charakterizovány vysokou koncentrací chloridu solného, ale mohou se zde vyskytovat také vysoké koncentrace sulfátů, uhličitánů a bikarbonátů. Saliny doprovází vysoké půdní pH, špatná struktura půdy a narušení procesu provzdušnění. Solný stres představuje velké ztráty pro zemědělství, uvádí se, že žádná toxická látka není tak velkou hrozbou pro růst rostlin, jako právě sůl [29]; [30]; [31].

5.1 Salinita a jejich působení na rostliny

Salinita hraje důležitou, avšak nepřímou úlohu v existenci, chování a šíření rostlin. Díky zasolení se snižuje druhová diverzita a rozšiřují se odolné rostliny. Během působení solného stresu jsou v rostlině negativně ovlivněny její přirozené pochody, jako například fotosyntéza, syntéza bílkovin, metabolismus lipidů. Při počáteční expozici salinity rostlinu současně zastihne i vodní stres, který snižuje zvětšování listů. Pokud solný stres přetrvává, nastává tzv. ionizační stres, kde může dojít k předčasnému stárnutí listů, příznakům toxicity jako je chloróza nebo nekróza. K těmto pochodům dochází převážně u dospělých listů kvůli vysoké koncentraci, pro rostliny toxického, Na^+ . Větší část rostlin je řazena mezi tzv. glykofyty, rostliny, které nejsou schopny tolerance vysokých koncentrací Na^+ . Nepříznivé účinky se ovšem projevují nejen u listů, solný stres působí na všechna vývojová stadia, včetně klíčivosti, růstu semen a vegetativního stadia. Nicméně tolerance vůči solnému stresu se může lišit v různých vývojových stádiích a záleží na druhu rostliny. Jedním z hlavních ukazatelů poškození vyvolaného salinitou je nadměrná tvorba reaktivních druhů kyslíku (ROS) v chloroplastech a mitochondriích, jako například superoxidový anion, peroxid vodíku a hydroxylové zbytky. ROS zapříčiňují oxidativní poruchy membránových proteinů, lipidů i nukleových kyselin, ale zároveň signalizují k uzavření průduchů. [26]; [27]; [29]; [32]; [33]; [34].

Vyšší osmotický tlak v buňkách rostliny za normálních, příznivých podmínek, rostlina využívá pro příjem vody a minerálních látek z půdy pomocí kořenů. Za působení solného stresu se zvětšuje osmotický tlak prostředí, osmotický tlak v buňkách se snižuje a rostlině se omezuje schopnost přijímat vodu a minerální látky [65].

Mezi nejčastější inhibitory růstu v důsledku solného stresu jsou Na^+ a Cl^- . Zatímco se Na^+ zejména u dřevnatých rostlin akumuluje v kořenech a stoncích, Cl^- se hromadí ve výhoncích. Mnoho rostlin vyvinulo několik mechanismů buď k vyloučení soli ze svých buněk, nebo k tolerování jejich přítomnosti uvnitř buněk. Kořeny mají schopnost průběžně udržovat stálou hladinu chloridu sodného a regulovat hladinu NaCl exportováním této látky do půdy nebo výhonkům. Na^+ a zároveň i Cl^- se ve vyšších koncentracích častěji hromadí ve výhoncích než v kořenech. Proto listy rostlin reagují mnohem citlivěji na Na^+ , než kořeny. Transport Na^+ rostlinou je podle existujících důkazů převážně jednosměrný, vede od kořenů k listům, kde se Na^+ akumuluje [26]; [35]; [36].

Pokud se vyskytuje sodík ve zvýšené koncentraci v okolí kořenů, může docházet k poruchám příjmu draslíku, který v rostlině ovlivňuje aktivitu enzymů a hraje důležitou roli při udržování potenciálu v membráně. Na^+ po prostoupení až do cytoplasmy potlačuje působení několika enzymů. Zvýšení pH v půdě připisujeme sodíku, stejně jako zamezení dostupnosti železa, manganu, mědi a zinku, což jsou potřebné esenciální mikronutrienty. Rostlinám na rozdíl od živočichů chybí enzym (Na^+/K^+ ATP) zajišťující protisměrný přesun sodíkových a draslíkových iontů [34].

5.2 Halofytní rostliny

Rostliny, které rostou přirozeně v oblasti s vysokou salinitou, si vyvinuly různé mechanismy, aby se se solným stresem vyrovnaly. Mechanismy vytvořené pro normální fungování rostlinných procesů mají jak rostliny „neodolné“ solnému stresu, tak halofyta u nichž jsou však mechanismy velmi specifické. Halofyta jsou rostliny, které si v průběhu evoluce vytvořily adaptační mechanismy a snášejí vysoké koncentrace soli, tím vytlačují ze stanoviště ostatní rostliny bez adaptačních mechanismů. Tyto pozoruhodné rostliny jsou schopné dokončit životní cyklus při vysoké koncentraci solí NaCl nebo i KCl. Opakem halofyt jsou glykofyty, ty nejsou schopny existence v salinách [29]; [30]; [37].

Mechanismy pro adaptaci na zvýšenou koncentraci solí dělíme na morfologické, fyziologické a biochemické. Mechanismy halofytních rostlin zabraňují vstupu soli do rostlinné buňky nebo sůl přijmou, ale následně vyloučí a poslední variantou je akumulace solí [30].

Mezi adaptační vlastnosti halofyt patří [34]:

- kontrolovaný příjem solí
- vysoká produkce osmoprotektantů (chrání buňky před vysycháním)
- stimulace antioxidantního systému [34].

Fytoexkrece, speciální mechanismus některých druhů halofyt, nalezneme převážně v listech a starají se o regulaci iontové rovnováhy. V exkrečních orgánech, konkrétně v trichomech, solných měchýřcích, solných žlázách se sůl akumuluje nebo se exkrecí dostává na povrch listu [18]; [34].

6 HYDROPONIE

Pojem hydroponie pochází ze spojení dvou řeckých slov *hydor*, znamenající voda a *Pomona*, jméno bohyně zahrad (někdy se uvádí i slovo *ponos*, tedy námaha nebo vše co se získalo prací). Volně přeloženo „pracující voda“ [38].

6.1 Charakteristika hydroponií

Podle novodobé definice, hydroponii považujeme za vědu, kdy rostliny rostou v živných prvcích rozpuštěných ve vodě. Kořeny jsou permanentně ponořeny do nádrže, kde se do vody přidává živný roztok a tím se zabráňuje vysychání a vymírání rostliny. Hydroponický proces byl vytvořen z důvodu chemické složitosti a obtížné definovatelnosti půdy při výzkumných pracích. Při experimentech byla půda nahrazena vodou, která vytváří kontrolu a stálost podmínek prostředí [39]; [40].



Obrázek 5: Hydroponie [61]

Předpokládá se, že pro růst rostlin potřebujeme určité množství půdy s dostatečným obsahem humusu a s přirozeně se vyskytujícím edafonem. Ovšem hydroponie jsou důkazem toho, že rostliny můžeme pěstovat i bez půdního substrátu (viz Obrázek 5). Toto tvrzení se dá lehce odůvodnit.

Půda, zvětralá zemská kůra, obsahuje všechny tři skupenství (pevná, plynná i kapalná) a půlka objemu půdy je složená z prostorů zaplněných vodou nebo vzduchem. Pevnou část tvoří anorganické prvky, vzniklé zvětráváním hornin a organickou složku, která pochází z odpadů a produktů látkové výměny rostlin a živočichů. Zooedafon v půdě rozkládá organickou hmotu a přeměňuje ji na CO_2 a vodu a mikroorganismy se podílejí na zvětrávání hornin, a tím se uvolňují živné látky. Při mineralizaci vznikají také kyseliny, jako je například kyselina fosforečná, dusičná, sírová a ty vytváří společně s Ca, K, Mg atd. soli, bohaté rostlinné živiny. Rostliny mohou přijímat chemické sloučeniny důležité pro jejich výživu pouze z vodního roztoku. Proto rostliny mohou růst i bez přítomnosti půdy. Hlavním zdrojem výživy je voda s rozpuštěnými látkami [40].

Aby mohly rostliny v hydroponickém systému růst a prospívat, musí se jim uměle dodávat živný roztok. Ten se skládá z vody a tekutých nebo rozpustných hnojiv. Zalévání živnými roztoky se provádí v dvou až třítýdenním intervalu v závislosti na druhu rostliny a ročním období [46].

Pro růst a vývoj rostlina potřebuje prostor pro uchycení kořenů a z výše uvedených poznatků vyplývá, že nezáleží, zda kořeny zakoření v rašelinové drti, v rýžových slupkách nebo ve škváře. Substrát nemá žádný význam pro výživu (tuto funkci plní živný roztok), pouze plní fyzikální úlohu [46].

Nádoby pro pěstování hydroponií by neměly nijak ovlivnit složení živného roztoku, volí se různé materiály, jejichž stěny nevylučují žádné látky (kov, plast, porcelán, beton). Na velikosti ani tvaru nádoby nezáleží. Nádoba může být průhledná i neprůhledná. Temné prostředí v nádobě snižuje růst řas a zamezuje vytváření kalu ve vodě, ale na druhou stranu není možné kontrolovat stav kořenového systému a kvalitu vody. Pro zjištění hladiny roztoku v nádobě poslouží vodoznak, průhledná trubička s plovákem ukazující optimální až minimální výšku hladiny [40]; [46].

U výběru substrátu je to složitější. Mezi základní vlastnosti substrátu řadíme [40]:

- stabilita struktury, to znamená odolnost proti zvětrávání a rozkladu během období pěstování
- chemická netečnost, nesmí ovlivnit složení živného roztoku
- vhodné opracování, abychom mohli se substrátem pracovat
- nasávací schopnost, aby mohly dopravit roztok kapilárami [40].

Tyto výše uvedené podmínky splňuje například vermikulit, pemzová drť, pěnová láva, škvára, keramzit a podobně. Pro větší estetický efekt můžeme jako substrát použít skleněné korálky, oblázky. Jako nevhodný substrát se jeví cihlová drť, pro svůj vysoký obsah vápníku a tendenci se drolit a vytvářet nános bahna [40]; [46].

Hydroponie si našly využití při stanovování toxicity určitých živin a nyní se využívají při procesu fytořemediace. U rostlin se sleduje míra hromadění kovů v rostlině z živného roztoku a jejich stres vyvolaný akumulací. Hydroponie se stále zdokonalují, zlepšení bylo zaměřeno na efektivnější růst a větší tvorbu biomasy. Z těchto důvodů hydroponie pronikla i do zemědělského odvětví [39].

6.2 Druhy hydroponií

Hydroponie dělíme podle způsobu nakládání s roztokem v systému na [45]:

- **Otevřený systém**, kde každý cyklus zavlažuje nová dávka živného roztoku. Tento systém je nenáročný na technické vybavení, ale spotřebovává se velké množství vody a nutrientů [45].
- **Uzavřený systém**, kde živný roztok využíváme opakovaně, ale technicky je systém náročnější než u otevřeného systému [45].

6.3 Historie pěstování hydroponií

V minulosti, před mnoha staletími, si naši předchůdci dokázali utvořit první představu o fungování rostlin a jejich výživě. První písemná zmínka o výživě rostlin pochází od řeckého filozofa Aristotela, který hlásal, že rostliny přijímají z půdy živné látky v organické formě, musejí se tedy starat pouze o transport živných látek. Poté dlouhá staletí nepřinesla žádný pokrok v této problematice. V 17. století se po mnoha pokusech vědců Marcella Malpighiho a Edne Mariottého zvedla kritika Aristotelova učení.

Bylo totiž zjištěno, že látky, které rostlina přijímá jako výživu, podléhají chemickým změnám ještě, než je použijí pro stavbu rostlinných tkání [40]; [49].

V roce 1699 John Woodward prováděl pokusy v pěstování rostlin pouze ve vodě bez přítomnosti půdy. Konkrétně pěstoval mátu zahradní (*Mentha piperita*) ve třech různých roztocích, první z nich byla dešťová voda, druhá voda z řeky Temže a poslední byla kalná voda z Hyde parku smíchaná s plstí. Tímto pokusem se ukázalo, že nezáleží na vodě samotné, ale na látkách, které jsou obsaženy v půdě, protože v rámci jeho pokusu byl sledován největší přírůstek u třetího roztoku, který obsahoval nejvíce nečistot [40]; [41], [49].

Poprvé pojem hydroponie zavedli němečtí vědci Sachs a Knop. Knop definoval živný roztok se všemi potřebnými prvky, který se využívá dodnes [41]; [45].

Pěstování rostlin v živném roztoku bylo do roku 1936 praktikováno pouze v laboratořích při experimentech, např. studium vývoje kořenového systému a růstu u rostlin. Koncem 40. let poprvé vědci University Purdue využili inertní štěrk jako médium pro zakořenění [45].

Výhody hydroponií

Jelikož v hydroponickém systému rostliny sadíme do inertního materiálu, můžeme živný roztok namíchat přesně podle potřeby rostliny. Výhodou je, že nemusíme zjišťovat poměr živin v substrátu, protože v médiu žádné živiny nejsou. Díky řízeného přísunu živin, můžeme bohatou úrodu sklízet dříve. A zároveň máme absolutní kontrolu nad kvalitou i kvantitou živin, které podáváme rostlině [47].

Mezi další výhodu patří nižší riziko napadení rostliny škůdci, chorobami, plísněmi a alergeny. Na rozdíl od půdy, substrát, například keramzit, můžeme zbavit škůdců a choroboplodných zárodků pouhým proplachem vařící vodou nebo roztokem peroxidu vodíku. Pokud bychom propláchli půdní substrát, vyplavily by se i živiny. Z důvodu sterilizace lze pěstební substrát využívat opakovaně [47].

U hydroponií nemusíme řešit problémy s plevelem, ten by neměl kde růst a nemusí se proto používat herbicidy. A pokud z mateřské rostliny vytvoříme klony (odřezky), rostliny porostou viditelně rychleji a budou výnosnější. S tím souvisí velikost plodů

z hydroponických systémů, které jsou výrazně větší než při pěstování v půdě. To údajně platí i pro léčivé látky v bylinkách [47].

Za velkou výhodou se považuje možnost pěstovat cokoliv a kdekoliv i na místech, kde to není v půdě možné (v místech znečištěné a znehodnocené půdy a vzduchu) a také fakt, že vydrží delší dobu bez zalévání [47].

Nevýhody hydroponií

Velká nevýhoda spočívá v tom, že námi způsobený přehmat či omyl může mít pro rostlinu tragické následky. Půdní substrát dokáže částečně zmírnit přehnojení (pufrační kapacita půdy). Pomocí chemických procesů a mikroorganismů dokáže usměrnit pH v půdě a nastolit rovnováhu [47].

I hydroponické prostředí vykazuje také určitou puфраční kapacitu, ovšem oproti půdě mnohem nižší. Extrémní výkyvy hodnot pH v živném roztoku způsobí likvidaci úrody, a to během jednoho dne. V dnešní době však existují hnojiva, které riziko změn pH do určité míry snižují. Pro správný růst a vývoj je potřeba uměle dodávat rostlinám CO₂, který při klasickém pěstování získávají z půdy. Obsah CO₂ podporuje fotosyntézu a další důležité funkce pro vývoj rostliny [47]; [48].

Teplota představuje další omezení. Rostliny v hydroponii vyžadují teplotu v rozmezí 18 °C až 22 °C. Snesou i teplotu 26 °C, ale při 35 °C dochází k zpomalení růstů odumírání kořenů vlivem nízké koncentrace kyslíku a postupně uhynou celé rostliny [47].

Jako nevýhoda může být považována i vysoká počáteční investice a náklady na živné roztoky [47].

7 METODIKA

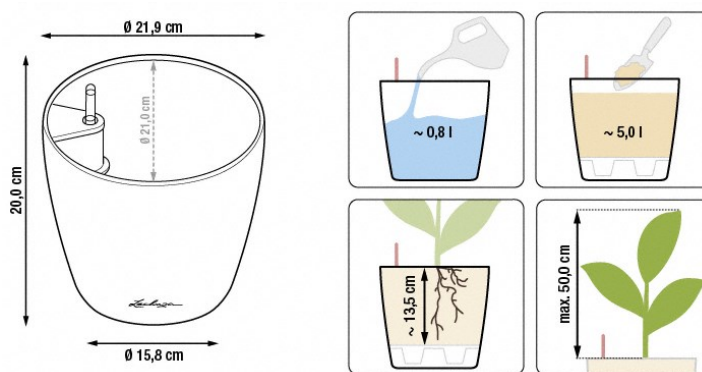
Pro vlastní experiment pěstování rákosu obecného v solném roztoku byla zvolena metoda hydroponie, která je z pohledu přesné analýzy nejvhodnější.

7.1 Příprava experimentu

Pro vytvoření hydroponického systému je zapotřebí vybrat vhodné nádoby, substrát i živný roztok pro správný růst a vývoj rostlin. Podstatnou roli hraje i výběr správného stanoviště, který nebude ovlivňovat podmínky experimentu a zároveň zajistí rostlinám základní podmínky pro vývoj a růst.

Květináče

Protože během pěstování hydroponií musí být rostliny neustále ve vodním prostředí, byly vybrány květináče se zavlažovacím systémem značky Lechuza. Květináče z plastu nijak neovlivňují živný roztok a jsou vhodné kvůli svým rozměrům (viz Obrázek 6), manipulaci s nimi a zásobníku na vodu ve spodní části. Díky měrci můžeme kontrolovat hladinu vody v květináčích. Zásobník na vodu pojme 1 litr vody a květináč je možné naplnit pěti litry substrátu [50].



Obrázek 6: Květináč pro hydroponie [50]

Substrát

Pěstební medium pro hydroponie bývá vybíráno podle vlastností, důležitá je inertnost materiálu. Voda by měla substrátem protékat, aby si rostliny z vody mohly čerpat živiny podle své potřeby [51].

V tomto případě, z důvodu vytvoření hydroponického systému, byl použit jako pěstební substrát keramzit. Tento typ substrátu poskytuje kořenům dostatek místa i potřebný kyslík. Keramzit vodu nenasakuje, ale voda přes něj proteče, takže se v něm nehromadí ani živiny ani voda [51].

Keramzit se běžně v přírodě nevyskytuje, vyrábí se uměle ze speciálního jílu v rotační peci za vysoké teploty. Jak můžeme vidět na Obrázku 7, mechanicky získaný keramzit má kulatý tvar, pórovitou vnitřní strukturu a hnědou až hnědočervenou barvu [51].

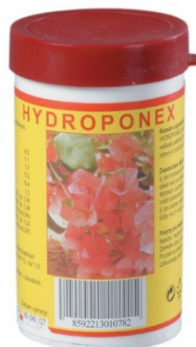


Obrázek 7: Keramzit [51]

Pro svou mrazuvzdornost a nehořlavost, tento inertní materiál našel uplatnění nejen v hydroponii, ale i ve stavebnictví, akvaristice, zahradnictví [51].

Živný roztok

V hydroponii se využívají inertní pěstební materiály, jak se uvádí výše, proto musí být rostlinám dodávány živiny v rozpustné formě. Na níže přiloženém Obrázku 8 můžeme vidět Hydroponex, používaný jako živný roztok. Toto kombinované, koncentrované práškové hnojivo obsahuje všechny nezbytné živiny, včetně stimulačních látek a stopových prvků, které přispívají k zdravému a rychlému růstu rostlin [52].



Obrázek 8: Živný roztok Hydroponex [52]

Níže přiložená Tabulka 1 uvádí složení Hydroponexu, který byl vyhodnocen jako vhodný také z důvodu, že neobsahuje chloridy a sodík, které by mohly ovlivnit analýzy [52].

Tabulka 1: Složení Hydroponex [52]

Složení Hydroponex	[%]
P ₂ O ₅ rozpustný v H ₂ O	12,2
N (celkový dusík)	14,2
K ₂ O rozpustný v H ₂ O	19,4
- z toho dusičnanový dusík N	3,1
- z toho amonný dusík N	11,1
MgO rozpustný v H ₂ O	0,3
Fe	0,020–0,060
B	0,010–0,030
Zn	0,015–0,045
Cu	0,020–0,060
Mo	0,025–0,075

K dávkování byla u balení přiložená lžička, obsah jedné lžičky byl smíchán s jedním litrem destilované vody, pro vytvoření živného roztoku [52].

Destilovaná voda

Destilovaná voda byla použita pro vytvoření obou roztoků, jak živného, tak solného. Byla vybrána, protože na rozdíl od vody z vodního řádu, v ní nejsou obsaženy žádné minerální látky, které by mohly ovlivnit analýzu. Jde o tzv. demineralizovanou vodu.

Solný roztok

Protože v rámci experimentu bude sledován vliv solného stresu na rákos obecný, rostlinám byl kromě živného roztoku přidán i solný roztok. Solné roztoky byly vytvářeny ze soli NaCl smíchané s destilovanou vodou a podávány rostlinám v koncentracích:

- 0,1 % roztok (1 litr vody na 1 g soli)
- 0,2 % roztok (1 litr vody na 2 g soli)
- 1 % roztok (1 litr vody na 10 g soli)
- 2 % roztok (1 litr vody na 20 g soli)

Solný roztok bude nahrazovat slanou důlní vodu, typickou pro ostravsko-karvinský revír.

Odebírání rostlin pěstovaných hydroponicky

Rostlina pro tento experiment by měla být vlhkomilná a snášet solný stres. Proto byl vybrán rákos obecný, který dokáže odolávat solnému stresu a zároveň má předpoklady pro růst v hydroponickém systému.

Rákos obecný byl odebrán ze dvou zájmových území. První zájmové území najdeme na dole Lazy, kde rákos obecný obývá zasolená stanoviště. Druhé zájmové území se nachází v Ostravě v místní části Svinov na rybníce Rojek. Zde má rákos obecný přirozené podmínky.

Rostliny se odebíraly ve větším počtu, i když byly pro experiment vybrány pouze 3 hydroponie z dolu Lazy a 3 hydroponie z rybníku Rojek. Hydroponie byly popsány zkratkami L1, L2, L3 (hydroponie z dolu Lazy) a S1, S2, S3 (hydroponie z rybníku Rojek, Svinov). Hydroponie L2 a S2 byly jako tzv. slepé vzorky.

Závod Lazy

Areál dolu Lazy (viz Obrázek 9) se rozkládá na katastrech měst Karviné a Orlové v jihozápadní části karvinské pánve.



Obrázek 9: Důl Lazy [53]

Těžba černého uhlí v hlubinném dole v Lazech zde ovlivňuje své okolí. Ať už poddolováním, produkcí tuhých emisí, vytvářením odvalů a usazovacích nádrží na flotační hlušiny nebo vypouštěním důlních vod. Důlní voda, charakteristická pro tuto oblast, obsahuje vysoké koncentrace jak chloridů, tak síranu. Například za rok 2016, vyteklo z kalové nádrže dolu Lazy do Orlovské stružky 1103 t/rok chloridů, a 407 t/rok síranů, 80 kg/rok železa, 180 kg/rok manganu [66]. Jedná se o slanou důlní vodu, která v experimentu hraje hlavní roli. Solný roztok simuluje v experimentu slanou důlní vodu.

Rákos obecný, který se v areálu vyskytuje v okolí usazovacích nádrží, vypustí i toků, byl vhodným zástupcem pro daný experiment. Rostlina zde roste v nepříznivých podmínkách z důvodu vysoké salinity, které se ovšem dokázala přizpůsobit.

Z této lokality byly vzorky rákosu obecného odebrány dne 9. května 2017 v počtu tří menších trsů.

Rybník Rojek

Jako druhé zájmové území byl vybrán Rybník Rojek, který najdeme na tzv. Velké straně v blízkosti nádraží Ostrava-Svinov. Okolo východního břehu rybníka projíždí vlaky z Ostravy směrem do Olomouce a na severovýchodní části byl postaven most pro dálnici D1.



Obrázek 10: Mapa území [54]

Jak můžeme na výše přiloženém Obrázku 10 vidět, rybník Rojek sousedí s Novým rybníkem a nedaleko se nachází přírodní rezervace Rezávka.

Na mělkých březích rybníka hojně rostou vysoké rákosiny, z kterých byly odebrány tři rákosy pro hydroponický experiment. Tyto rákosy nejsou vystaveny solnému stresu, mají vhodné přirozené podmínky, na rozdíl od rákosů vyrůstajících na území dolu Lazy.

Na Obrázku 11 vidíme rákosiny na rybníce Rojek, ze kterých byly odebírány hydroponie pro daný experiment.



Obrázek 11: Zájmové území, Brodská 2017

7.2 Popis vybraných parametrů experimentu hydroponií

Rozpuštěný kyslík ve vodním prostředí

Za nejdůležitější rozpuštěný plyn ve vodním prostředí, který s vodou netvoří iontové sloučeniny, považujeme kyslík. Ten se do vody dostává jak z atmosféry, tak z fotosyntetické asimilace vodních rostlin, sinic a řas. Rozpustnost kyslíku závisí na teplotě, tlaku a na koncentraci rozpuštěných látek. Když roste teplota a koncentrace rozpuštěných látek, tak rozpustnost kyslíku klesá. Teplota ve vodním prostředí se během roku mění, když roste teplota vzduchu, tak se zvyšuje i teplota vody. Doporučená teplota se pohybuje v rozmezí 16–20 °C, proto teplotu nad 22 °C považujeme za problémovou. [11].

Ve vodě se kyslík spotřebovává obvykle během nitrifikace, aerobním rozkladu organických látek, respirací vodních živočichů, oxidací sulfidů, železa a manganu. Rozpuštěný kyslík ve vodním prostředí působí na biochemické procesy a pro některé organismy je důležitý pro existenci druhu. Výskyt rozpuštěného kyslíku ve vodě určuje jakost vody, limituje anaerobní a aerobní pochody, které jsou potřebné pro samočistící pochody a biologické čištění ve vodách. Kořeny vyžadují kyslík pro dýchání a jeho nízká koncentrace v roztoku může způsobovat úhyn rostliny. [11].

U hydroponického systému rostliny rostou bez půdy a dostávají potřebné živiny pomocí živného roztoku. Aby tyto živiny mohly rostliny přijmout, potřebují jejich kořeny dostatek kyslíku. Kyslík obsažený ve vzduchu vyplňuje mezery mezi částicemi keramzitu a tak je přístupný pro kořeny rostliny. Nedostatek kyslíku v roztoku při hydroponickém pěstování bývá způsobeno špatnou cirkulací systému nebo nízkým provzdušněním [55].

Konduktivita

Konduktivita, často označovaná jako elektrolytická konduktivita, uvádí míru koncentrace organických a anorganických součástí vody. Měření konduktivity neboli měrné vodivosti se provádí pro zhodnocení mineralizace a koncentrace iontově rozpuštěných látek ve vodách. Bývá součástí chemického rozboru vody. Konduktivita závisí na koncentraci iontů, jejich pohyblivosti, náboji, a hlavně na teplotě v měřeném vzorku vody. Pokud se změní teplota o pouhý 1 °C, změní se i konduktivita, a to o 2 %. Měření by mělo být přepočítáno na teplotu 25 °C [11].

Konduktivitu chápeme jako obrácenou hodnotu odporu s jednotkou Siemens, značenou S (převrácená hodnota jednotky odporu Ω) [11].

U hydroponického systému hraje konduktivita důležitou roli, protože pomocí jejího měření můžeme upravovat dodávání živin a tím tak podpořit správný růst a vývoj rostliny v hydroponickém systému [56]; [63].

U daného experimentu budou hodnoty dosahovat vyšší hodnoty konduktivity (pro normální růst a vývoj se udává hodnota max. 2 mS/cm) z důvodu zalévání hydroponií živným roztokem a zároveň také solným roztokem, který zvyšuje hodnotu měrné vodivosti [56].

Salinita

Slanost neboli salinita značí množství rozpuštěných pevných minerálních látek tzv. solí v množství vody (uvádí se 1 litr vody). Salinitu vyjadřujeme v procentech % nebo v promilích ‰. Jedno procento salinity vyjadřuje 10 g solí na 1 litr vody. Slanost není stálá, kolísá vlivem okolních podmínek (výpar, srážky apod.). Chloridy, sodík, hořčík a sírany jsou zastoupeny v slaných vodách v nejvyšších koncentracích, dále v takové vodě najdeme draslík, vápník a hydrogenuhličitany [11].

Salinitu v experimentu způsobuje zalévání hydroponií solným roztokem, který nahrazuje slanou důlní vodu.

pH

Vodíkový exponent neboli pH vyjadřuje kyselost nebo zásaditost (alkalitu) roztoku. Hodnoty pH definujeme jako záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů. Jde o stupnici s hodnotami v rozmezí 0 až 14 [11].

Hydroxidy způsobují v roztocích kyselost, odštěpují se hydroxidové anionty OH^- . Kyseliny ve vodě zase způsobují kyselost odštěpením vodíkových kationtů H^+ [11].

Rozeznáváme 3 základní typy roztoků:

- **Kyselé**, které mají pH nižší než 7 a v roztoku se zvětšuje koncentrace H^+ a tím i kyselost
- **Neutrální** s pH 7 a při stejné koncentraci OH^- a H^+ po rozpuštění látek ve vodě.
- **Zásaditý**, kde se zvětšuje koncentrace OH^- a roste zásaditost roztoku. pH se pohybuje v rozmezí 8 až 14 [11].

Rostliny pěstované v hydroponickém systému potřebují vodu, která je mírně kyselá s hodnotami pH od 5,5 do 6,5 [57].

Chloridy

Nejdůležitějším parametrem v rámci měření byly chloridy, které se ve slaných roztocích vyskytují. Ve vodách se mohou chloridy vyskytovat vyluhováním horninového podloží, splachem z posypů cest v zimním období a významným zdrojem jsou i odpadní vody [11].

Výskyt chloridů ve vodě chápeme jako indikátor vodního znečištění. Výjimku mají vody, jejichž vysokou koncentraci způsobilo přírodní podloží, ty mohou mezní hodnotu překračovat. Vysoké koncentrace nemají negativní vliv na zdraví člověka, dochází pouze ke změně chuti vody, ale přispívají k výskytu vyšších koncentrací toxických kovů ve vodě [11].

Chloridy se vyskytují ve vzorcích vody z hydroponií vlivem zálivky solného roztoku. Hodnoty naměřených chloridů závisí na koncentraci solného roztoku. Čím větší koncentrace solného roztoku, tím větší množství chloridů ve vzorcích vody z hydroponií.

Živiny

Živiny pro hydroponický systém se dodávají rostlinám pomocí živného roztoku. Některé z těchto prvků byly měřeny ze vzorků odebrané vody z hydroponií:

- Hořčík

Přítomnost hořčíku ve vodách závisí na rozpuštěném CO₂, který podporuje zvětrávání hlinitokřemičitanů a napomáhá rozpustnosti minerálu, které jsou na bázi uhličitanů. Hořčík se také může vyskytovat v podzemních vodách s mineralizací [11].

Hořčík bývá přijímán rostlinami a při styku vody s některými horninami a jílovými minerály podléhá hořčík sorpci a výměně iontů [11].

- Draslík

Draslík se dostává do vod vyluhováním solných ložisek, např. halitu, minerálů sylvínu a sylvinitu nebo z tzv. odklizových draselných solí, převrstvující ložiska soli kamenné [11].

Ve vodách se vyskytuje ve formě jednoduchého kationu K⁺ [11].

- Sodík

Do vody se uvolňuje sodík zvětráváním hlinitokřemičitanů (albit), slídy a ve větší míře vyluhováním ze solných ložisek halitu, sylvinitu a v neposlední řadě se sodík do vody dostává přeměnou iontů Ca⁺ za Na⁺ během spojení vody s některými jílovými minerály [11].

Ve vodách se vyskytuje jako jednoduchý iont Na⁺, výjimkou tvoří důlní vody, které jsou charakteristické vysokými koncentracemi síranu [11].

7.3 Metodika měření vybraných parametrů

Nejprve byly měřeny parametry rozpuštěný kyslík, konduktivita, salinita a pH in situ a poté ex situ chloridy, draslík, hořčík a sodík u vzorků vody z hydroponií v laboratoři.

7.3.1 Měření rozpuštěného kyslíku

Hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku se značí jednotkou mg/l. V rámci tohoto experimentu se měřilo pomocí přístroje tzv. oximetru. Konkrétně oximetr značky Greisinger typ GMH 3630 (viz Obrázek 12).



Obrázek 12: Oximetr, Brodská 2017

Přístroj má dva samostatné displeje, jeden pro hodnotu naměřeného rozpuštěného kyslíku a druhý pro teplotu. Kompenzace teploty probíhá automaticky pomocí senzoru, který je integrovaný v elektrodě.

To samé platí i pro tlak, kde kompenzaci zajistí tlakový senzor. Výhodou se jeví i jednoduchá kalibrace a korekce na obsah solí. Další technické parametry uvádí příložená Tabulka 2 [58].

Sonda, která tvoří celek s měřicím přístrojem, byla ponořena do květináče otvorem na trubičku s vodoznakem, kde došlo ke styku sondy s vodou a po ustálení byla hodnota rozpuštěného kyslíku a zároveň teploty přepsána do zápisníku. Naměřené hodnoty rozpuštěného kyslíku ve vzorcích vody odebraných z hydroponií se uvádí v jednotkách mg/l.

Tabulka 2: Technické parametry oximetru [58]

Technické parametry Oximetru GMH 3630	
O ₂ koncentrace (rozsah měření)	0–70 mg/l nebo 0–25 mg/l
O ₂ nasycení (rozsah měření)	0–600 % nebo 0–250 %
O ₂ parciální tlak (rozsah měření)	0–70 hPa nebo 0–1200 hPa
O ₂ přesnost	1,5 – 2,5 % měř. hodnoty
Teplota	0 – 50,0 °C
Teplota přesnost	0,1 °C
Tlak	500–1100 hPa abs.
Tlak přesnost	0,5 % FS (+ /- 1 číslice)
Rozměry	142 x 71 x 26 mm
Hmotnost vč. baterie a diody	300 g

7.3.2 Měření konduktivity

Pro měření konduktivity byl použit přenosný přístroj značky WTW, Condi 330i, který můžeme vidět na Obrázku 13. Jde o vodotěsný kapesní přístroj s paralelním zobrazením teploty, vestavěnou pamětí dat, GLP-podporujícími funkcemi [62].



Obrázek 13: Konduktometr, Brodská 2017

Velkou výhodou měřiče je automatická kompenzace teploty (lineární teplotní funkce nebo nelineární funkce pro velmi čisté a přírodní vody dle DIN 38 404 ev. EN 27 888). Volitelně lze nastavit teplotu 20 °C nebo 25 °C (viz Tabulka 3) [62].

Tabulka 3: Technické parametry konduktometru [62]

Technické parametry konduktometru Condi 330i	
Konduktivita	0,0 uS/cm až 2000uS/cm
- v 5 měřících rozsazích (AutoRange, doplňkově)	K = 0,1 cm ⁻¹ : 0,00 uS/cm až 20,00 uS/cm
	K = 0,01 cm ⁻¹ : 0,000 uS/cm až 2,000 uS/cm
Teplota	-5,0 až+105,0 °C
Salinita	0,0 až 70,0
TDS	0 až 1999 mg/l
Konduktivita (přesnost)	±0, 5 % z naměřené hodnoty
Teplota (přesnost)	±0,1 K
Konstanta cely	
- volně nastavitelná	od 0,25 až2,5 cm ⁻¹ a 0,09 až 0,11 cm ⁻¹
- kalibrovatelná	0,450 až 0,500 a 0,800 až 1,200 cm ⁻¹ ,
- napevno	0,01 cm ⁻¹

Sonda konduktometru byla vložena do květináčů, po ustálení hodnoty byl výsledek zapsán do zápisníku a po ukončení měření pak byla sonda očištěna destilovanou vodou a usušena.

7.3.3 Měření salinity

Salinita se měřila u všech vzorků vody z hydroponií včetně slepých vzorků pomocí konduktometru (viz předchozí kapitola Měření konduktivity), který měří salinitu i konduktivitu najednou. Sonda konduktometru byla ponořena do květináčů a po přepnutí tlačítka na přístroji se zobrazila hodnota salinity. Salinita byla v tomto případě bez uvedených jednotek.

7.3.4 Měření pH

Během měření in situ se kromě výše uvedených parametrů měřilo i pH, pomocí pHmetru (viz Obrázek 14, Tabulka 4). Tento vodotěsný pHmetr německé značky WTW obsahuje kalibrační „timer“ pro přesné měření pH. Pro jeho jednoduché ovládání a spolehlivost je vhodný pro měření povrchové vody i na procesní měření.



Obrázek 14: pHmetr, Brodská 2017

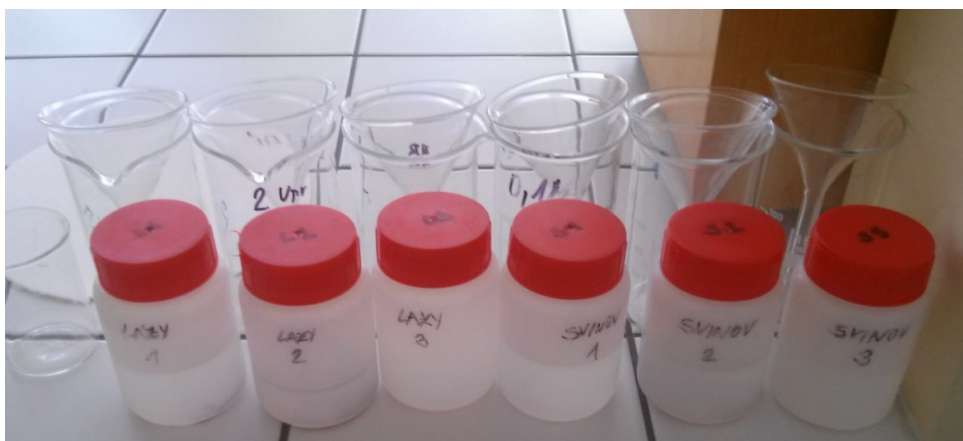
Měření funguje na stejném principu jako konduktometr a oximetr, sonda se ponoří do vody v hydroponiích a nechá se ustálit. Naměřená hodnota se zapíše do zápisníku a po ukončení měření se sonda ponoří do přiloženého víčka s kyselinou.

Tabulka 4: Technické parametry pHmetru [58]

Technické parametry pH 3310/ set 2	
Rozsah měření pH	-2,0 až +19,9 pH ($\pm 0,1$ pH)
	-2,00 až +19,99 pH ($\pm 0,01$ pH)
	-2,000 až +19,999 pH ($\pm 0,005$ pH)
Rozsah měření teploty	-5,0 ... +105,0 °C $\pm 0,1$ °C
Rozměry	172x80x37 mm

7.3.5 Analýza chloridů

Kromě měření v místě uložení květináčů probíhalo i měření v laboratoři. U vzorků vody z hydroponií bylo nejprve provedeno měření in situ rozpuštěného kyslíku, konduktivity, salinity a pH a poté byly pomocí pipety odebrány vzorky vody z květináčů do popsaných vzorkovnic. Takto připravené vzorky vody (viz Obrázek 15) byly převezeny do laboratoře a ten den analyzovány. Analyzovaly se koncentrace chloridů ve vzorcích vody odebrané z hydroponií.



Obrázek 15: Vzorky vody z hydroponií, Brodská 2017

Spektrofotometr

Samotné měření chloridů, ale i draslíku a hořčíku se provádělo pomocí přístroje, zvaného spektrofotometr. Konkrétně se jedná o spektrofotometr UV – VIS DR6000 značky Hach, který vidíme níže na Obrázku 16. Tento přístroj nové generace propojuje optický systém nejvyšší kvality s moderními funkcemi, které odpovídají současným požadavkům na kvalitu výsledku. Vhodným se stává pro rutinní laboratorní úkony a také pro náročné fotometrické úlohy [60].



Obrázek 16: Spektrofotometr DR 6000 [60]

Spektrofotometr umožňuje okamžité spektrální skenování v ultrafialové a viditelné oblasti spektra. V systému má přeprogramovaných 250 v současnosti nepoužívanějších analytických metod. Prostřednictvím karuselového držáku kyvet přístroj dovoluje vysokoobjemové testování a zároveň s použitím vzorků, které dodávající firma Hach, eliminuje chyby rozlišných optických vlastností kyvet. Tvorba regulačních diagramů, vyhodnocování kontrolních vzorků nebo kontrola rušivých vlivů jsou funkce, které zahrnují rozšířené prvky kontroly kvality přímo ve spektrofotometru [60].

V laboratoři se vzorky nejprve filtrovaly přes filtrační papír, aby se roztok zbavil případných nečistot. Po přefiltrování roztoku se ve všech případech (vyjma slepých vzorků) před analýzou vzorky naředily, kvůli jejich vysoké konduktivitě, která byla měřena předem. Pro správný poměr ředění se použil vzor z předešlého výzkumu, kde byly také analyzovány chloridy v roztocích. Naředěné vzorky vody byly s použitím přesných mikropipet pipetovány do kyvetek z kyvetové sady pro měření chloridů LCK 311 (viz Obrázek 17).



Obrázek 17: Kyvetová sada chloridy, Brodská 2017

Tyto kyvety již obsahovaly tekutinu, která po přidání vzorku vody změni barvu, podle koncentrace chloridů.

Velkou výhodou tohoto setu je možnost dvou rozsahů měření:

- 1-70 mg/l Cl
- 70-1000 mg/l Cl.

Pro slepé vzorky L2 a S2 byl použit rozsah I., protože tyto dvě hydroponie nebyly zalévány solným roztokem, ale pouze živným roztokem, a proto se předpokládají minimální koncentrace chloridů v roztoku. Naopak u vzorků vody odebraných z hydroponií L1, S1 a L3, S3 se měřilo v rozsahu II. Hydroponie L1, L3, S1, S3 byly zalévány solnými roztoky, proto se očekávají vysoké koncentrace.

1 ml přefiltrovaného vzorku vody z hydroponií L2 a S2 se odpipetovalo do kyvety pro měření v I. rozsahu. Pro měření v II. rozsahu bylo odpipetováno pouze 0,1 ml naředěného, přefiltrovaného vzorku vody z hydroponií a toto množství bylo přidáno do kyvety. Měření probíhalo postupně a postup je u obou rozsahů stejný. Po odpipetování vzorku vody do kyvety se spustily stopky s časomírou na 3 minuty. Kyvetka se pečlivě uzavřela a protřepala pro smíchání obou roztoků.

Po uplynutí tří minut se kyvetka očistila a vložila do spektrofotometru. Na spektrofotometru se nastavil rozsah měření, a pokud byl vzorek naředěn, byla potřeba zapsat poměr měření do přístroje. Spektrofotometr po chvíli vyhodnotil výsledek měření a sám i přepočítal výsledek, pokud byl změněn poměr ředění.

7.3.6 Měření živin

Pomocí kyvetových sad a spektrofotometru se měřily také živiny v roztocích z hydroponií. Draslík se měří pomocí kyvetové sady Kalium LCK 228, kde se do kyvety přidá 1 ml roztoku A, který je přiložen ke kyvetové sadě. Poté byl pipetován 1 ml roztoku odebraných z hydroponií, následně přidán přiloženou lžičkou prášek, označen písmenem B. Takto připravená kyveta se uzavřela víčkem, protřepala a nechala se odležet po dobu pěti minut. Po pěti minutách se kyveta opět protřepala, otřela a vložila do spektrofotometru.

Měření draslíku se provádělo najednou pro všech šest vzorků vody odebraných z hydroponií (L1, L2, L3 a S1, S2, S3) a postupně se vkládaly do spektrofotometru, který vyhodnotil koncentraci draslíku ve vzorcích vody. Pro měření draslíku nebyla potřeba vzorky ředit.

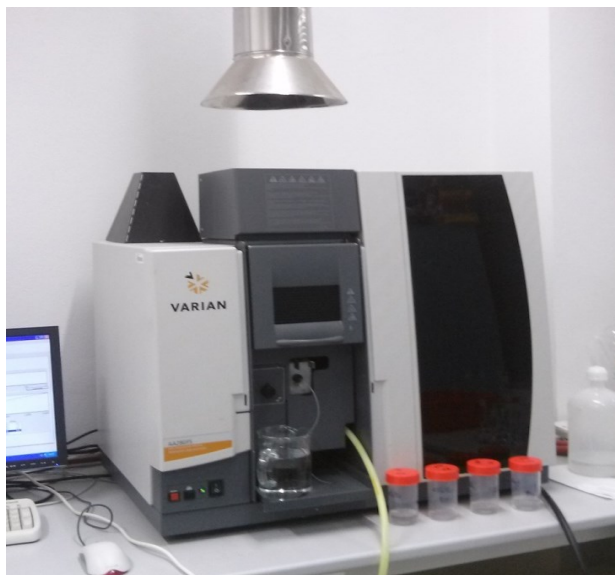
LCK 326 Magnesium jsou kyvetové sady, pomocí kterých se měřil hořčík ve vzorcích vody včetně slepých vzorků. Tato kyvetová sada má také dva rozsahy měření:

- 0,5-10 mg/l Mg
- 10-50 mg/l Mg.

V tomto případě se použil rozsah I. z důvodu předpokládaných nízkých koncentrací hořčíku ve vzorcích vody. Do kyvety se stejně jako u draslíku nejdříve dodalo 3 ml roztoku A, protřepalo a kyveta se nechala 2 minuty odstát a poté se vložila do spektrofotometru. Po vytažení se do kyvety přidal 2 ml vzorku vody odebraných z hydroponií, protřepalo se a nechalo se jednu minutu odpočinout. Po minutě byly výsledky vyhodnoceny pomocí spektrofotometru.

Měřilo se postupně, nejprve u vzorků vody z hydroponií z dolů Lazy a poté u vzorků vody odebrané z hydroponií z rybníku Rojek.

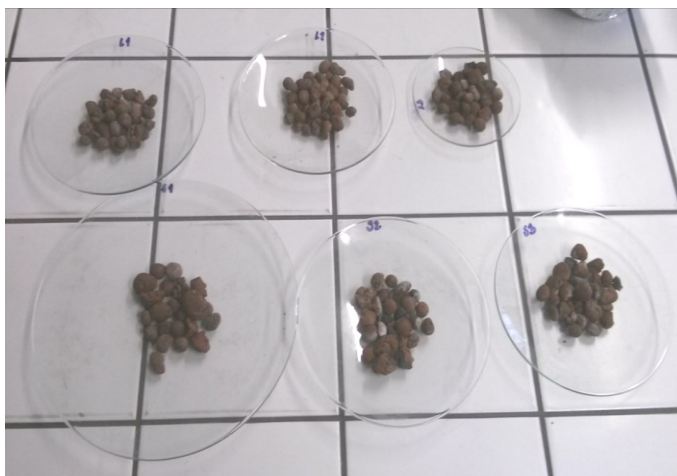
Výjimkou byl sodík, který se měřil metodou atomové absorpční spektrometrie (FI-AAS), optickou metodou, která využívá principů absorpce světla různých vlnových délek, vlnovými atomy prvků. Pro měření sodíku ve vzorcích vody v hydroponiích se používal spektrometr značky Varian (viz Obrázek 18), složen ze tří částí: zdroj atomizace, optický systém, řídicí a vyhodnocovací jednotka.



Obrázek 18: Spektrometr Varian, Brodská 2017

7.3.7 Analýza keramzitu

Kromě vzorků vody z hydroponií se analyzoval také substrát keramzit, který je součástí hydroponického systému. U keramzitu byl analyzován sodík a Na_2O . Keramzit se odebral ze všech šesti vzorků hydroponií o hmotnosti 10 g do plastových sáčků označených L1, L2, L3, S1, S2, S3. Analyzován byl také vzorek keramzitu, který nebyl zaléván ani solným a ani živným roztokem a byl označen jako 00. Před analýzou se musely vzorky keramzitu důkladně vysušit (viz Obrázek 19), proto byly vloženy na dobu 3 hodin do sušičky.



Obrázek 19: Vysušený keramzit, Brodská 2017

Vysušené vzorky keramzitu se rozdrtily na jemný prášek ve vibračním kruhovém mlýnku (viz Obrázek 20).



Obrázek 20: Vibrační kruhový mlýnek, Brodská 2017

Každý vzorek keramzitu se postupně vkládal do vibračního kruhového mlýnku mezi pohyblivé části (viz Obrázek 21) a byl drcen po dobu 20 sekund.



Obrázek 21: Keramzit ve vibračním mlýnku, Brodská 2017

Po vyndání z mlýnku se vzorek přesypal zpět do sáčku. Před použitím dalšího vzorku, bylo nutné mlýnek důkladně umýt, aby nedošlo ke smíchání dvou vzorků keramzitu a tím k ovlivnění výsledků.

Vysušené a rozdrcené vzorky keramzitu, podstoupily analýzu pomocí vlnově-disperzní rentgenové fluorescenční spektrometrie tzv. (WD-XRF). Nejprve se vzorky nadrceného keramzitu vylisovaly do malých peletek, které se následně vložily do spektrometru Tiger S8 (viz Obrázek 22).



Obrázek 22: Spektrometr S8 Tiger, Brodská 2017

Spektrometr pomocí rentgenového paprsku vyhodnotil výskyt sodíku a oxidu sodného v procentuálním zastoupení.

8 VYHODNOCENÍ EXPERIMENTU

Po odebrání rákosů obecných z obou zájmových území, bylo celkem šest kusů zasazeno jako hydroponie. Tři rákosy byly z dolů Lazy (L1, L2, L3) a tři z rybníku Rojek ze Svinova (S1, S2, S3).

První pokus

Dne 9. května 2017 v ranních hodinách byly odebrány rákosy pro experiment z obou zájmových oblastí. Rákosy se v obou případech nacházely ve vodním prostředí a odebrány byly pomocí rýče. Po vytažení z vody byl dlouhý oddenek opláchnut destilovanou vodou a zkrácen na přiměřenou délku, aby se vešel do květináčů. Takto připravené, označené rostliny v počtu šesti kusů (3 z prvního zájmového území a 3 z druhého zájmového území, včetně slepých vzorků), byly převezeny do laboratoře, kde byly následně přesazeny do výše uvedených květináčů.

V laboratoři se opět vzorky propláchly destilovanou vodou, aby se zbavily zbytků nečistot z původního substrátu a poté nasazeny do květináčů s keramzitem. Po zasazení byly květináče označeny podle zájmového území:

- Důl Lazy 1
- Důl Lazy 2
- Důl Lazy 3
- Rybník Svinov 1
- Rybník Svinov 2
- Rybník Svinov 3

Osazené květináče byly umístěny v chladné místnosti na okenní parapet, kvůli přístupu světla a zality živným roztokem. Živný roztok byl připraven z pěti litrů destilované vody a pěti přiložených lžiček Hydroponexu. Po zamíchání směsi a úplném rozpuštění prášku, se živným roztokem zalily všechny květináče s vysazenými rákosy (viz Obrázek 23).



Obrázek 23: Osazené květináče rákosem obecným, Brodská 2017

Doporučuje se zalévat hydroponie živným roztokem v rozmezí 14 dní. V tomto případě byly rákosy zalévány „do maxima“ ve dnech:

- 22. 5. 2017 (teplota: 23 ° C)

Nepozorovány žádné změny na rostlinách ani na keramzitu.

- 12. 6. 2017 (teplota: 23 ° C)

Na keramzitu byl viditelný bílý povlak, který můžeme vidět na Obrázku 24, stonek zahníval, zapáchal hnilobou (viz Obrázek 25). Kořenů se to netýkalo, ty fungovaly a neprojevovaly žádné změny.



Obrázek 24: Keramzit pokrytý solí, Brodská 2017



Obrázek 25: Hnilobný stonek rákosu obecného, Brodská 2017

Abychom zjistili důvody nežádoucích změn rákosů v hydroponiích u prvního nevydařeného pokusu (hnilobný stonek, bílý povlak na keramzitu), dne 29. 6. 2017, bylo provedeno měření v místě uložení květináčů.

Tabulka 5: Výsledky měření, Brodská 2017

	Konduktivita [$\mu\text{S}/\text{cm}$]			pH			Množství rozpuštěného kyslíku [mg/l]		
Důl Lazy (1, 2, 3)	491	381	470	7,225	7,680	7,644	4,90	4,38	4,50
Rybník Svinov (1, 2, 3)	430	493	480	8,129	7,264	6,805	4,58	4,68	4,80

Z výše uvedené Tabulky 5 vyplývá, že rákosy pěstované jako hydroponie byly přeživeny, což dokazují jak hodnoty naměřené konduktivity, tak krystalky na keramzitu. Stonky byly rozmočené, zahnívaly, a navíc ještě usychaly listy a začaly opadat. I když kořeny byly stále poměrně v pořádku (viz Obrázek 26), nebyly nahnědlé, nezapáchaly hnilobou a na pohled vypadaly zdravě, rozhodla jsme se pro ukončení tohoto pokusu a vysadit nové rákosy.



Obrázek 26: Kořen rákosu obecného, Brodská 2017

Druhý pokus

Z důvodu nezdařeného prvního pokusu, byly zasazeny další rákosy ze stejných oblastí. Vykopání i zasazení proběhlo 30. června 2017, obdobně jako v prvním případě. Po ponaučení z nezdařeného pokusu, byly vzorky odebírány v trsech. Samostatná rostlina se špatně uchytila.

Keramzit byl důkladně propláchnut v destilované vodě, aby se zbavil bílého povlaku a znovu použit jako substrát. Protože byl keramzit vlhký, květináče nebyly zalévány vodou ani živným roztokem.

Jak můžeme vidět na Obrázku 27, umístění rákosů obecných bylo změněno. Z laboratoře bylo přemístěno všech šest květináčů do venkovních prostor, pod přístřešek, kde byly květináče chráněny před deštěm, ale zároveň měly přirozenější podmínky než za oknem.



Obrázek 27: Venkovní umístění květináčů, Brodská 2017

První zalévání květináčů proběhlo 10. 7. 2017 a to konkrétně 0,5 l živného roztoku do každého květináče.

8.1 Výsledky měření in situ

Každý týden v pondělí ráno v 7 hod. od 12. 7. 2017 do 5. 2. 2018 probíhalo měření ze vzorků odebrané vody z hydroponií, které byly umístěny do venkovního prostředí pod přístřešek. U vzorků vody z hydroponií odebraných na Svinově z rybníku Rojek bylo měření v daném časovém rozmezí provedeno celkem 32x. U hydroponií z dolu Lazy, bohužel vlivem velkého výparu vody z květináčů, probíhalo měření u vzorku vody L1 pouze 31x, u vzorku vody L2 29x a u vzorku vody L3 celkem 31x. Měřilo se u všech šesti vzorků hydroponií (L1, L2, L3 a S1, S2, S3) včetně slepých vzorků. Měřen byl rozpuštěný kyslík, konduktivita, salinita a pH.

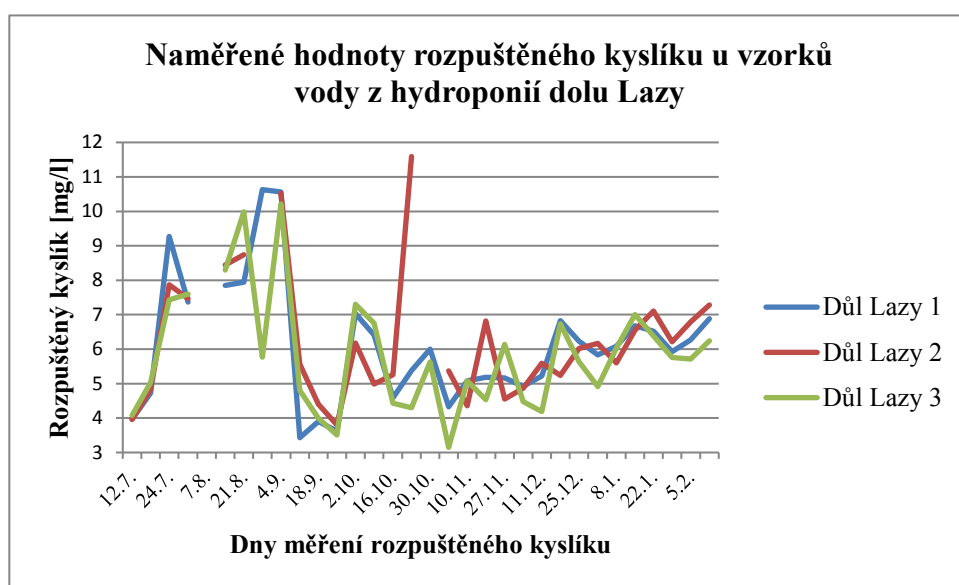
8.1.1 Výsledky měření rozpuštěného kyslíku

Rozpuštěný kyslík byl měřen ve vzorcích vody z hydroponií každé pondělí v ranních hodinách (v 7:00) po dobu od 12. 7. 2017 do 5. 2. 2018.

Hodnoty rozpuštěného kyslíku kolísají (Graf 1) ve všech šesti vzorcích odebraných z hydroponií. Měření probíhalo v letních, podzimních i zimních měsících, ale protože bylo

měřeno v brzkých ranních hodinách (v 7 hodin ráno), teplota ani v letním období nepřesáhla 25 °C. Průměrná teplota během celého měření dosahovala 10,55 °C a minimální naměřena teplota byla 3 °C a maximální 24,8 °C.

U všech vzorků na dolech Lazy začátkem srpna, konkrétně 7. 8. 2017 se hladina vody v květináčích výrazně snížila vlivem výparu, proto nebylo možné odebrat vzorky vody z hydroponií a provést měření. Na Grafu 1 vidíme přerušené spojnice, které znázorňují vynechání měření. Vzorků z Rybníka Rojek na Svinově se to netýkalo. Během měření rozpuštěného kyslíku ve vzorcích vod se měřila také teplota vody v květináčích.



Graf 1: Naměřené hodnoty rozpuštěného kyslíku u vzorků vody z hydroponií dolu Lazy, Brodská 2018

Důl Lazy 1

U prvního vzorku vody z hydroponií průměr naměřených hodnot rozpuštěného kyslíku z 31 měření činí 6,20 mg/l a průměr teplot 10,8 °C. Nejnižší množství rozpuštěného kyslíku bylo u tohoto vzorku naměřeno 11. září 2017, hodnota byla 3,43 mg/l a teplota vody v květináči dosahovala 16,5 °C. Naopak nejvyšší hodnota 10,63 mg/l rozpuštěného kyslíku ve vzorku byla naměřena 21. srpna 2017, kdy byla ranní teplota 15,1 °C.

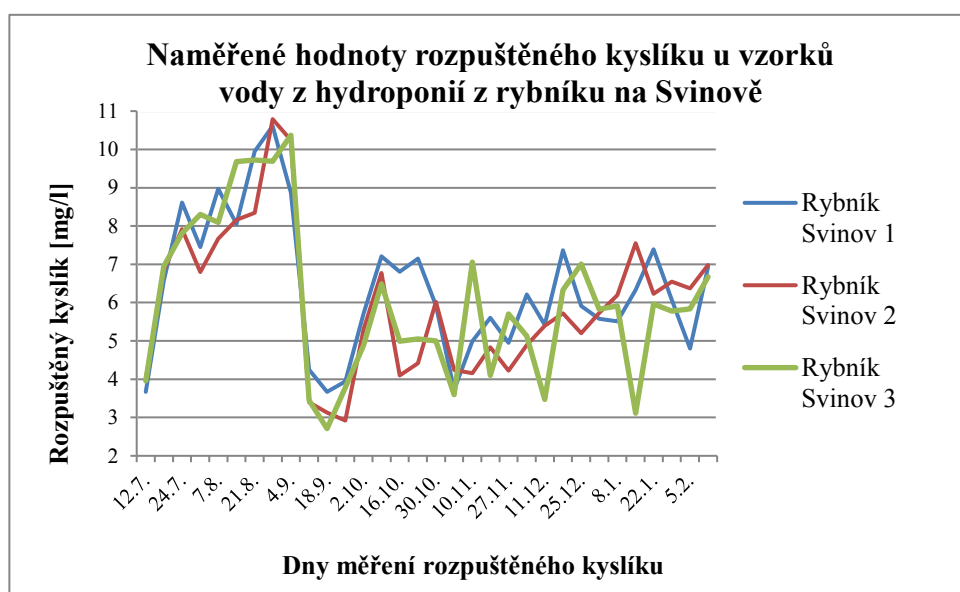
Důl Lazy 2

U druhého vzorku došlo k největším výkyvům množství rozpuštěného kyslíku. Průměrná hodnota z počtu 29 měření rozpuštěného kyslíku v druhém vzorku vody z hydroponií z dolu Lazy, která byla způsobena výparem vody z květináče, dosahovala 6,36 mg/l a průměrná teplota byla 11°C. Minimum 3,8 mg/l bylo naměřeno 25. září 2017 při teplotě 15,1 °C a maximum 11,59 mg/l dne 23. října 2017 při teplotě 9 °C. Bohužel, jak už bylo uvedeno výše, vzorky v květináčích ve dnech 7. 8. 2017, 28. 8. 2017 a 30.10. 2017 téměř vyschly a nemohlo být u nich provedeno měření.

Důl Lazy 3

Z 31 měření byla zjištěna nejvyšší hodnota 10,21 mg/l dne 4. září 2017 (12,1 °C) a nejnižší hodnota 3,15 mg/l dne 6. listopadu 2017 (11,3 °C). Průměrné množství rozpuštěného kyslíku ve třetím vzorku z dolu Lazy dosahovalo 5,9 mg/l, průměrná teplota vyšplhala na 10,8 °C.

Údaje o množství rozpuštěného kyslíku, naměřeném ve vzorcích odebraných ve Svinově na rybníce Rojek, ukazuje Graf 2. Měřeno bylo ve všech případech, celkem 32x, protože ani u jedné z hydroponií nedošlo k vyschnutí vody v květináči, na rozdíl od hydroponií z dolu Lazy. Nejvyšší hodnoty podle Grafu 2 vzorky vykazovaly na přelomu srpna a září a nejnižších na přelomu září a října.



Graf 2: Naměřené hodnoty rozpuštěného kyslíku u vzorků vody z hydroponií z rybníku na Svinově, Brodská 2018

Rybník Svinov 1

U prvního vzorku odebraného na rybníce ve Svinově byla průměrná hodnota rozpuštěného kyslíku 6,38 mg/l a průměrná teplota byla 10,7°C. Maximální hodnoty rozpuštěného kyslíku byly sledovány 28. srpna 2017, kdy ranní teplota vyšplhala na 15,3°C. Teplota 24,1 °C dne 12. července 2017 zapříčinila nejnižší hodnotu rozpuštěného kyslíku u tohoto vzorku 3,67 mg/l.

Rybník Svinov 2

Hodnoty rozpuštěného kyslíku u druhého vzorku vody odebraného z hydroponií se moc neliší od hodnot vzorku prvního. Minimální hodnota v tomto případě nepřekročila ani 3 mg/l, 2,92 mg/l vykazoval vzorek 25. září 2017 za teploty 15,3 °C a maximální hodnota rozpuštěného kyslíku 10,79 mg/l byla naměřena 28. srpna za stejné teploty jako u minima. Průměrná teplota vzorku vody z hydroponií S2 byla 10,7 °C a průměrná hodnota rozpuštěného kyslíku dosahovala 6 mg/l.

Rybník Svinov 3

Z Grafu 2 vyplývá, že hodnoty rozpuštěného kyslíku u třetího vzorku z rybníku Rojek na Svinově jsou velmi kolísavé, na rozdíl od předchozích dvou vzorků ze stejného místa odběru. Ale minimální a maximální hodnoty rozpuštěného kyslíku jsou podobné. Maximální hodnota byla naměřena 4. 9. 2017 10,37 mg/l (teplota 12,2 °C), minimální hodnota 2,71 mg/l byla naměřena 18. 9. 2017, kdy teplota dosáhla pouhých 8,6 °C.

I když rozpustnost kyslíku ve vodním prostředí závisí na teplotě, jak ukazují uvedené údaje ze všech měřených vzorků, v tomto případě to není pravidlem. Korelace mezi teplotou a rozpuštěným kyslíkem se nepotvrdila. Stejná teplota byla u minimální i maximální hodnoty rozpuštěného kyslíku.

8.1.2 Výsledky měření konduktivity

Konduktivita byla měřena, stejně jako ostatní parametry, každý týden v pondělí ráno v 7 hod. Hlavní roli při měření konduktivity sehrálo zalévání hydroponií živnými a solnými roztoky (viz Tabulka 6 a 7).

Harmonogram dodávání živin a solného roztoku

Živnými roztoky byly zalévány všechny hydroponie ve stejném poměru, ovšem co se týče solného roztoku, každá hydroponie dostala jinou koncentraci. Hydroponie Důl Lazy 1 (L1) a Rybník Svinov 1 (S1) dostávaly největší koncentrace (0,2 % nebo 2 % solný roztok), hydroponie Důl Lazy 2 (L2) a Rybník Svinov 2 (S2), byly zalévány pouze destilovanou vodou (DV) a sloužily jako tzv. slepé vzorky a hydroponiím Důl Lazy 3 (L3) a Rybník Svinov 3 (S3) byl podáván 0,1 % nebo 1 % solný roztok.

Tabulka 6: Harmonogram dodávání živin a zalévání destilovanou vodou, Brodská 2018

Harmonogram dodávání živin a zalévání destilovanou vodou	
10. 7. 2017	1. zaletí živným roztokem (0,5 l každý vzorek)
14. 8. 2017	Každý vzorek zalit 0,15 ml živného roztoku + L1: 0,3 l DV S1: 0,2 l DV L2: 0,65 l DV S2: 0,5 l DV L3: 0,3 l DV S3: 0,3 l DV
28. 8. 2017	Zalévání destilovanou vodou (DV) L1: 0,6 l DV S1: 0,4 l DV L2: 0,8 l DV S2: 0,5 l DV L3: 0,7 l DV S3: 0,5 l DV
10. 9. 2017	Zaliti destilovanou vodou pouze L2: 0,2 l DV
13. 9. 2017	Zaliti destilovanou vodou L1, S1, S2: 0,6 l DV L2, L3: 0,8 l DV S3: 0,5 l DV
30. 10. 2017	Poslední zaliti živným roztokem 0,2 l každý vzorek + L1: 0,6 l DV L2: 0,8 l DV S2: 0,5 l DV S3: 0,2 l DV
5. 2. 2018	Zaliti destilovanou vodou L1, S1, S2, L3: 0,4 l DV L2, S3: 0,6 l DV

Vždy bylo zaléváno po horní rysku měřky po měření. U hydroponie L2 byl během výzkumu zjištěn velký úbytek vody způsoben výparem, proto musel být,

jak je vidět v Tabulce 6, zaléván i samostatně. V některých případech, většinou v letním období, vzorek vyschnul a nemohlo u něj být provedeno měření.

Tabulka 7: Harmonogram dodávání solného roztoku, Brodská 2018

Harmonogram dodávání solného roztoku	
24. 7. 2017	1. zaletí solným roztokem L1, S1: 0,5 l 0,2 % solný roztok L2, S2: 0,5 l destilovaná voda L3, S3: 0,5 l 0,1 % solného roztoku
7. 8. 2017 (Přesazení květináčů S2 a S3!)	Zaletí solným roztokem L1: 0,8 l 2 % roztok S1: 0,75 l 2 % solný roztok (0,05 l původní roztok) L2, S2 :0,7 l destilované vody L3: 0,8 l 1 % solného roztoku S3: 0,7 l 1 % solného roztoku (0,1 původní roztok)
25. 9. 2017	Zaliti solným roztokem L1, S1: 0,2 l 0,2 % solného roztoku L2, S2: 0,2 l DV L3, S3: 0,2 l 0,1 % solného roztoku
9. 10. 2017	Zaliti solným roztokem L1, S1: 0,3 l 2 % solného roztoku L2: 0,35 l DV S2: 0,2 l DV L3: 0,3 l 1 % solného roztoku + 0,2 DV S3: 0,3 l 1 % solného roztoku
27. 11. 2017	Poslední zaliti solným roztokem L1, S1: 0,25 l 2 % solného roztoku L2: 0,4 l DV S2: 0,6 l DV L3, S3: 0,25 l 1 % solného roztoku

Graf 3 zobrazuje konduktivitu u jednotlivých vzorků. Ač jsou vzorky vody ze všech hydroponií z dvou rozdílných území, můžeme vidět, že konduktivita se u nich výrazně neliší. Konduktivita u vzorků z dolu Lazy byla ve většině případů nižší než u vzorků z rybníku Svinov.

Důl Lazy 1 a Rybník Svinov 1

Hydroponie č. 1 z dolu Lazy a z rybníku Svinov zality nejprve 0,2 % a poté 2 % solným roztokem (viz Tabulka 7) vykazují nejvyšší konduktivitu oproti ostatním vzorkům. Zvýšenou konduktivitu zapříčiňuje solný roztok, podáván v nejvyšších koncentracích. Nejvyšší hodnoty přesahovaly 30 000 $\mu\text{S/cm}$ (L1: 32 800 $\mu\text{S/cm}$, S1:31 300 $\mu\text{S/cm}$), to znamená několikanásobně více, než se uvádí u průmyslových vod (1 500 $\mu\text{S/cm}$). Průměrná hodnota u obou vzorků byla 14 000 $\mu\text{S/cm}$.

Dne 14. 8. 2017 vykazoval vzorek vody z hydroponie z dolu Lazy vyšší konduktivitu než z rybníku Svinov. Toto měření bylo první měření po dodání solného roztoku o koncentraci 2 %.

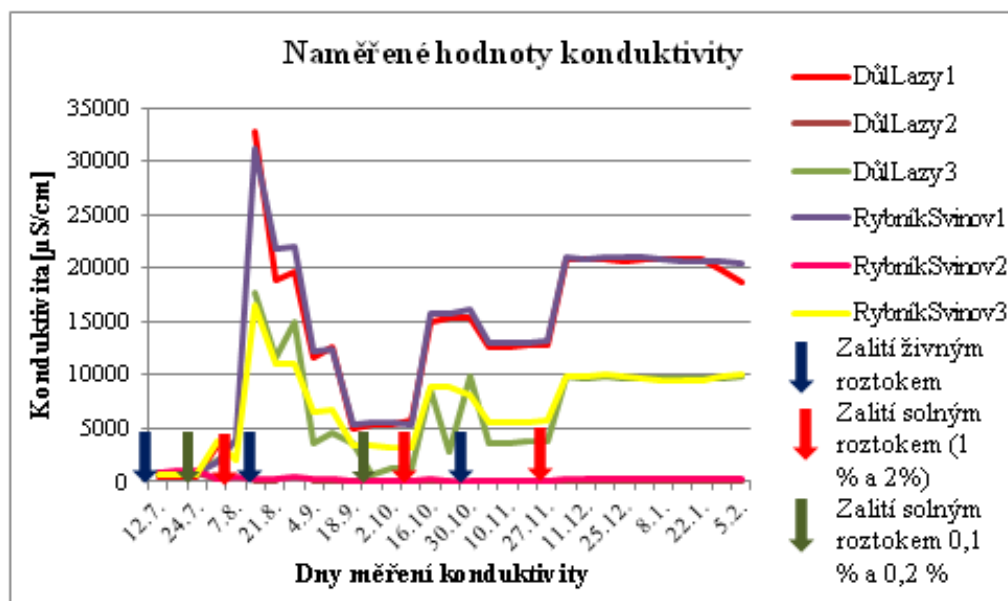
Důl Lazy 2 a Rybník Svinov 2

Protože tyto vzorky byly zalévány pouze destilovanou vodou a živin se jim dostávalo pouze z živného roztoku, jejich hodnoty konduktivity byly nízké. Konduktivita se u těchto dvou vzorků pohybovala převážně okolo 150 $\mu\text{S/cm}$, pouze při prvních měřeních byly tyto hodnoty vyšší a přesahovaly 800 $\mu\text{S/cm}$, to mohlo být způsobeno, pozůstatky živin z kořenů nebo se živiny mohly uvolnit z promytého keramzitu z předchozího pokusu.

Důl Lazy 3 a Rybník Svinov 3

V tomto případě, stejně jako u vzorků 1, byly rákosy zalévány solným roztokem, ale v nižších koncentracích 0,1 % a 1 %. To ovlivnilo jejich koncentrace živin a tím i konduktivitu. Konduktivita byla o polovinu nižší než u prvních vzorků (nižší koncentrace solného roztoku, nižší konduktivita).

Vzorek z dolu Lazy měl nejnižší konduktivitu: 588 $\mu\text{S/cm}$ a nejvyšší: 17 650 $\mu\text{S/cm}$. U rybníku Svinov to bylo podobně. Nejnižší hodnota: 641 $\mu\text{S/cm}$ a nejvyšší: 16 620 $\mu\text{S/cm}$. I když vyšší hodnota byla naměřena u vzorku z dolu Lazy, průměrná konduktivita je vyšší u vzorku z rybníku Svinov. Vzorek důl Lazy 3 v období 25. 9. 2017 až 9. 10. 2017 a 23. 10. 2017 měl výrazně nižší hodnoty než vzorek rybník Svinov, to mohlo být způsobeno vyšší aktivitou kořenů rákosu obecného a vyšší akumulací solí.



Graf 3: Naměření hodnoty konduktivity, Brodská 2018

Z Grafu 3 je patrné, že konduktivita souvisí se zaléváním solným a částečně i živným roztokem. Zajímavé je, že po zalití nejvyššími koncentracemi solí 7. 8. 2017 došlo k poklesu konduktivity, odhadujeme, že došlo k biokumulaci solí. Kde se sůl z roztoku v rostlině uložila, není jasné. Rákosy odebrány z oblasti dolu Lazy byly zvyklé na vysoké koncentrace solí, proto dle mého mínění měly nižší konduktivitu, a pravděpodobně lépe akumulovaly sůl.

První měření po podání solného roztoku vykazovalo zvýšenou konduktivitu. Ovšem vliv živného roztoku nebyl tak patrný.

8.1.3 Výsledky měření salinity

Salinita byla měřena u všech vzorků vody z hydroponií, i když tzv. slepé vzorky (L2, S2) nebyly zalévány solným roztokem. Celkem bylo měřeno 32x, opět vyjma L1 (31x), L2 (29x) a L3 (31x) z důvodu nedostatečného množství vody v hydroponiích.

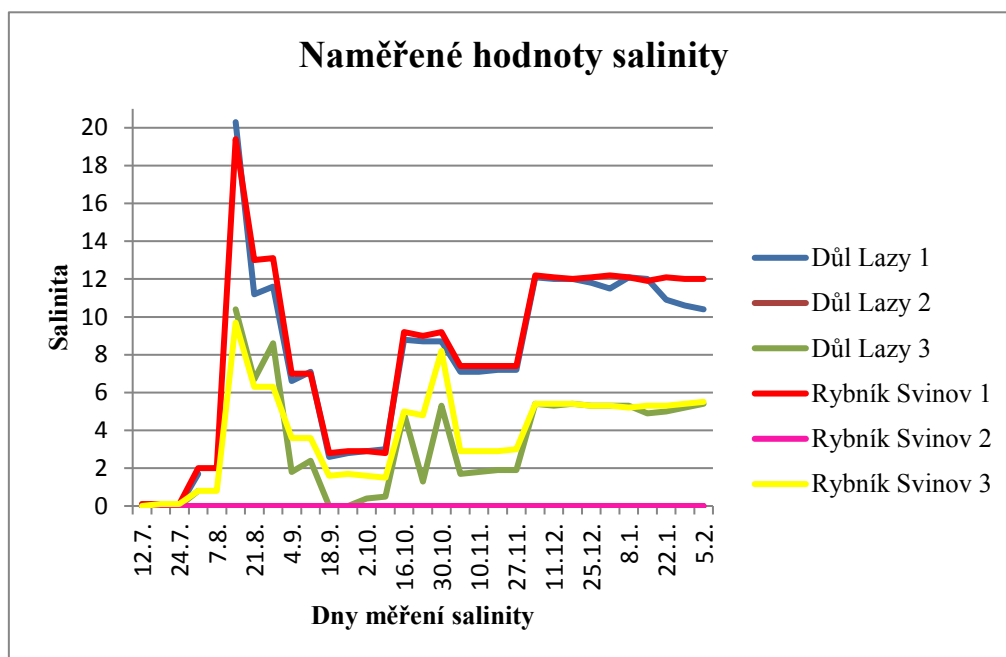
Zalévání solným roztokem ovlivňovalo měření salinity, měření, které bylo provedeno po zalití solným roztokem, vykazovalo vyšší hodnoty salinity. Salinita je v tomto případě uváděna bez jednotky.

Důl Lazy 1 a Rybník Svinov

Protože byly hydroponie L1 a S1 zalévány nejvyšší koncentrací solného roztoku (1 % a 2 % solný roztok), můžeme na Grafu 4 vidět, že dosahují nejvyšších hodnot v porovnání s ostatními vzorky. Oba vzorky kopírují stejnou linii s menšími odchylkami.

Průměrná hodnota ze 31 měření pro vzorek z dolu Lazy je rovných 8. A průměr z 32 měření ze vzorků z rybníku Svinov je 8,2. Pro vzorek vody L1, maximální hodnota salinity 20,3 byla změřena 14. 8. 2017 po zalití 2 % solným roztokem. Minimální naměřená hodnota 0 byla stejná u vzorku vody L1 i S1 a změřena byla při prvním měření, kdy ještě nebyl hydroponiím dodán solný roztok.

U vzorku vody z hydroponií odebraných na rybníce ve Svinově byla naměřená maximální hodnota také de 14. 8. 2017, kdy hodnota salinity byla 19,4.



Graf 4: Naměřené hodnoty salinity, Brodská 2018

Důl Lazy 2 a Rybník Svinov 2

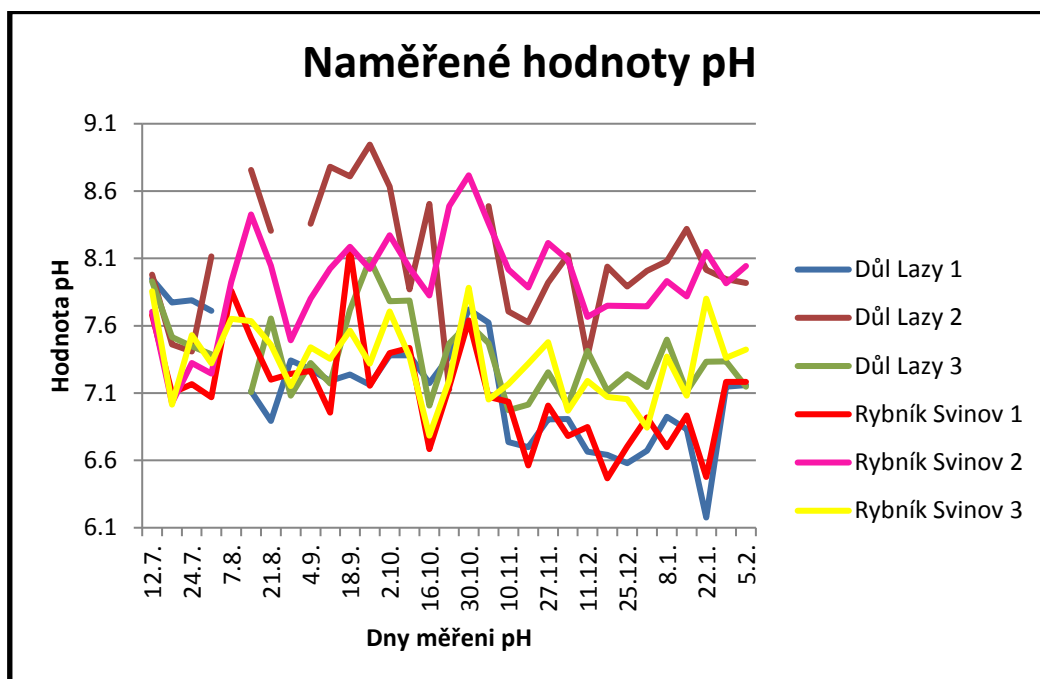
U vzorků vody z hydroponií L2 a S2 nebyla naměřena salinita, protože hydroponie nebyly zalévány solným roztokem, pouze živným roztokem, který neobsahoval soli. Hodnota salinity u vzorku vody L2 i S2 se rovná nule.

Důl Lazy 3 a Rybník Svinov 3

Salinita u těchto vzorků vody L3 a S3 byla viditelně nižší než vzorků vody S3 a L3, protože jim byla dávana nižší koncentrace solného roztoku 0,1 % a 0,2 %. Průměr hodnot salinity u vzorku z dolu Lazy 3 činil 3,4, maximum 10,4 a minimum 0. Průměr hodnot salinity u posledního vzorku z rybníka Svinov 3 byl 4,0, maximum 9,7 a minimum 0.

8.1.4 Výsledky měření pH

pH naměřeno u všech šesti odebraných vzorků vody z hydroponií se pohybovalo okolo neutrální hodnoty 7 (viz Graf 5). Průměr všech hodnot pH je 7,500 a nejnižší hodnota pH dosahovala 6,176 u vzorku L1 z dolu Lazy a nejvyšší hodnota pH 8,945, byla naměřena také u vzorku z dolu Lazy L2.



Graf 5: Naměřené hodnoty pH, Brodská 2018

Důl Lazy 1

Minimální hodnota pH: 6,176

Maximální hodnota pH: 7,948

Vzorky vody z hydroponií důl Lazy 1 mají nejnižší hodnotu pH ze všech měření i ve všech šesti vzorcích, ale konduktivita a koncentrace chloridů je u nich nejvyšší.

Důl Lazy 2

Minimální hodnota pH: 7,127

Maximální hodnota pH: 8,945

Důl Lazy 3

Minimální hodnota pH: 6,973

Maximální hodnota pH: 8,092

Rybník Svinov 1

Minimální hodnota pH: 6,467

Maximální hodnota pH: 8,17

Rybník Svinov 2

Minimální hodnota pH: 7,027

Maximální hodnota pH: 8,717

Rybník Svinov 3

Minimální hodnota pH: 6,784

Maximální hodnota pH: 7,882

Nejvyšší hodnotu pH měly hydroponie nezalévané solí, resp. L2 a S2. Hodnota pH ve vodách souvisí s fotosyntézou. Během intenzivní fotosyntézy se spotřebovává CO₂ a je narušena uhličitánovápenatá rovnováha, to způsobuje zvýšení pH do alkalické roviny [43].

Všechny naměřené hodnoty in situ jsou doloženy v Přílohách 1, 2, 3, 4, 5.

8.2 Výsledky měření ex situ

Měření v laboratořích bylo prováděno u 6 vzorků vody, které byly odebrány z květináčů hydroponií. U měření chloridů, hořčíku i draslíku výsledky vyhodnotil spektrofotometr a pro analýzu sodíku v keramzitu i vzorcích vody z hydroponií byl použit spektrometr.

8.2.1 Výsledky analýzy chloridů

Chloridy byly měřeny 9x v období od 7. 8. 2017 do 5. 2. 2018. Výsledky ovlivňovalo zalévání solným roztokem, ale měřilo se kromě vzorků vody odebraných z hydroponií z dolu Lazy L1, L3 a rybníku Svinov S1, S3, také u slepých vzorků L2, S2, u kterých by chloridy neměly dosahovat vysokých hodnot. Nejvyšších hodnot dosahovaly vzorky vody s výjimkou slepých vzorků hned při prvním měření chloridů.

Výsledky měření chloridů u vzorků vody L1, L2 a L3 z celkem devíti měření znázorňuje Tabulka 8. Nejvyšší koncentrace chloridů, byla naměřena u vzorků vody z dolů Lazy 1, kde při druhém měření dosahovaly hodnoty 6742 mg/l a vzorek musel být ředěn v poměru 1:14. Vysoké koncentrace chloridů u vzorků L1 způsobuje solný roztok, který se hydroponiím dodával v koncentracích 10 % a 20 %.

U slepého vzorku vody z dolu Lazy 2 dne 30. 10. 2017 nedošlo k měření z důvodu vyschnutí vody v květináči vlivem velkého výparu v porovnání s ostatními hydroponiemi. Nejnižší hodnoty vykazovaly slepé vzorky, u kterých hodnoty nepřesáhly 45 mg/l a to z důvodu zalévání pouze živným roztokem, na rozdíl od ostatních vzorků L1, S1a L3, S3, kterým byl dodán solný roztok.

Tabulka 8: Výsledky měření chloridů, Důl Lazy, Brodská 2018

	Důl Lazy 1	Důl Lazy 2	Důl Lazy 3
21.8.	6742 mg/l (ředění 1:14)	65,2 mg/l	3382 mg/l (ředění 1:6)
4.9.	4229 mg/l (ředění 1:4)	4,04 mg/l	919 mg/l
18. 9.	1330 mg/l (ředění 1:2)	27,8 mg/l	141 mg/l
2. 10.	1729 mg/l (ředění 1:2)	5,07 mg/l	346 mg/l
16 10.	4869 mg/l (ředění 1:5)	19,1 mg/l	2982 mg/l (ředění 1:3)
30. 10.	4780 mg/l (ředění 1:7)		3225 mg/l (ředění 1:3)
10.11.	3966 mg/l (ředění 1:4)	38,2 mg/l	1091 mg/l (ředění 1:2)
27. 11.	3905 mg/l (ředění 1:4)	16,7 mg/l	1151 mg/l (ředění 1:2)
5.2.	4998 mg/l (ředění 1:8)	36,5 mg/l	3470 mg/l (ředění 1:3)

Tabulka 9 zobrazuje výsledky devíti měření u vzorků z hydroponií z rybníku Svinov S1, S2, S3. U těchto vzorků byly nejvyšší naměřené hodnoty 7367 mg/l a vzorek byl naměřen 1:14.

V porovnání s měřením u vzorku z rybníku Svinov 1 jsou hodnoty z L1 nižší, ale ředění měly oba vzorky stejné. Vzorky vody odebrané z hydroponií dul Lazy 1 a rybník Svinov 1 jsou srovnatelné z důvodu přísunu stejného množství solného roztoku o koncentracích 1 % a 2 %.

Tabulka 9: Výsledky měření chloridů, rybník Rojek, Brodská 2018

	Rybník Svinov 1	Rybník Svinov 2	Rybník Svinov 3
1.8.	7367mg/l (ředění 1:14)	101 mg/l	3723 mg/l ředění 1:6)
4.9.	3808 mg/l (ředění 1:4)	34,6 mg/l	1626 mg/l (ředění 1:3)
8. 9.	1544 mg/l (ředění 1:2)	13 mg/l	961 mg/l
2. 10.	1771 mg/l (ředění 1:2)	10,3 mg/l	916 mg/l
6 10.	5451 mg/l (ředění 1:7)	43,6 mg/l	2595 mg/l (ředění 1:3)
30. 10.	5225 mg/l (ředění 1:7)	14,4 mg/l	2054 mg/l (ředění 1:3)
10.11.	3842 mg/l (ředění 1:4)	25 mg/l	1710 mg/l (ředění 1:2)
7. 11.	4027 mg/l (ředění 1:4)	22,6 mg/l	1749 mg/l (ředění 1:2)
5.2.	7136 mg/l (ředění 1:8)	51,6 mg/l	2702 mg/l (ředění 1:3)

Důl Lazy 1 a Rybník Svinov 1

Hodnoty naměřených chloridů u těchto vzorků vody byly nejvyšší oproti ostatním. Oba vzorky musely být ve všech případech ředěny na nižší koncentrace. Průměrná koncentrace chloridů z celkem devíti měření u vzorků vody odebraných z hydroponií L1 byla 4060,89 mg/l, minimální hodnota chloridů dosahovala 1330 mg/l a maximální hodnota chloridů byla naměřena hned u prvního měření 6742 mg/l.

Průměrná hodnota, naměřená u vzorku vody z rybníku na Svinově, dosahovala 4463,44 mg/l, což je vyšší hodnota než u vzorků vody z dolu Lazy. Nejnižší hodnota chloridů 1544 mg/l u S2 byla změřena při třetím měření 18. září 2017 a nejvyšší 7367 mg/l chloridů 7. srpna 2017.

Důl Lazy 2 a Rybník Svinov 2

Slepé vzorky, jak jsou označovány tyto vzorky vody odebrané z hydroponií, měly nejnižší koncentraci chloridů ze všech měřených vzorků vody z hydroponií. Důvodem je zalévání pouze solným roztokem, který neobsahuje chloridy. I přesto vzorky nízké hodnoty chloridů obsahovaly. U L2 průměrná hodnota z 8 měření (jedno z měření nemohlo být provedeno, protože vlivem výparu hydroponie vyschla) dosahovala 45,36 mg/l.

Průměrná hodnota chloridů z plného počtu měření (9x) u vzorku z rybníku Svinov 2 byla 26,58 mg/l.

Minimální hodnota chloridů L2: 4,04 mg/l

Minimální hodnota chloridů S2: 10,3 mg/l

Maximální hodnota chloridů L2: 65,2 mg/l

Maximální hodnota chloridů S2: 101 mg/l

Důl Lazy 3 a Rybník Svinov 3

Vzorky vody z hydroponií Důl Lazy 3 a Rybník Svinov 3 dostávaly nižší koncentrace solného roztoku (1 % a 2 % solný roztok) proto i jejich koncentrace chloridů byly nižší. Průměr L3 z devíti měření činil 1856,33 mg/l, z toho minimum bylo naměřeno 18. 9. 2017 141 mg/l a maximum 3470 mg/l 5. února 2018. U vzorků vody S3 byla zprůměrovaná hodnota chloridů 2004 mg/l a maximální hodnota chloridů změřena dne 7. 8 2018 3723 mg/l a minimum 18. 9. 2017 961 mg/l chloridů.

8.2.2 Výsledky měření živin

V rámci měření živin byly zjištěny koncentrace draslíku, hořčíku a sodíku v šesti roztocích odebraných z hydroponií. Měření proběhlo jednorázově v jeden den. 23. 11. 2017 byl měřen sodík ve vzorcích vody v hydroponiích a 5. 2. 2018 draslík a hořčík.

Draslík

Tabulka 10: Výsledky měření draslíku, Brodská 2018

Draslík	Důl Lazy 1	Důl Lazy 2	Důl Lazy 3	Rybník Svinov 1	Rybník Svinov 2	Rybník Svinov 3
5.2.	29,6 mg/l	3,43 mg/l	26,7 mg/l	33,1 mg/l	11,8 mg/l	27,8 mg/l

I při měření draslíku se potvrdila podobnost vzorků L1 a S1, L2 a S2 a L3 a S3 (viz Tabulka 10). Nejnižší hodnota draslíku byla naměřena na spektrofotometru u vzorku vody z hydroponií z dolu Lazy 2 a nejvyšší hodnota draslíku 33, 1 mg/l u vzorku rybník Svinov 2.

Hořčík

Tabulka 11: Výsledky měření hořčíku, Brodská 2018

Hořčík	Důl Lazy 1	Důl Lazy 2	Důl Lazy 3	Rybník Svinov 1	Rybník Svinov 2	Rybník Svinov 3
5.2.	5,23mg/l	5,28 mg/l	5,17 mg/l	5,5 mg/l	5,10 mg/l	5,07 mg/l

Hodnoty hořčíku měřené pomocí spektrofotometru (viz Tabulka 11) se pohybují u všech šesti vzorků okolo 5 mg/l. Maximální hodnotu hořčíku 5,28 mg/l měl vzorek vody L2 a minimální hodnotu S3 5,07 mg/l hořčíku.

Sodík

Tabulka 12: Výsledky měřeného sodíku, Brodská 2017

Sodík	Důl Lazy 1	Důl Lazy 2	Důl Lazy 3	Rybník Svinov 1	Rybník Svinov 2	Rybník Svinov 3
23.11.	1876 mg/l	53,9 mg/l	674 mg/l	1904 mg/l	82,1 mg/l	996 mg/l

Sodík byl jako jediný z živin měřen na spektrometru a jeho hodnoty byly odlišné u všech vzorků. Nejvyšší koncentrace vyšplhala na 1904 mg/l sodíku u vzorku vody z S1 a naopak nejnižší koncentrace sodíku byla naměřena u L2 pouze 53,9 mg/l (viz Tabulka 12). Sodík byl jako jediný z živin ovlivněn solným roztokem.

8.2.3 Výsledky analýzy keramzitu

Výsledky naměřeného substrátu hydroponií (keramzitu) byly vyhodnoceny v procentech. Největší procento sodíku i oxidu sodného vykazoval vzorek keramzitu odebraný z hydroponií Rybník Svinov 1 a nejmenší množství sodíku a oxidu sodného bylo naměřeno u vzorku keramzitu odebraného z hydroponií u důl Lazy 2 (viz Tabulka 13). I slepý vzorek měl vyšší procento než vzorek z dolu Lazy 2.

Tabulka 13: Výsledky naměřeného sodíku u vzorků keramzitu, Brodská 2017

Keramzit		Slepý vzorek	Důl Lazy 1	Důl Lazy 2	Důl Lazy 3	Rybník Svinov 1	Rybník Svinov 2	Rybník Svinov 3
29.11.	Na ₂ O (%)	0,77	3,42	0,67	2,22	4,12	0,71	1,73
29.11.	Na (%)	0,57	2,54	0,50	1,65	3,06	0,53	1,28

9 DISKUZE

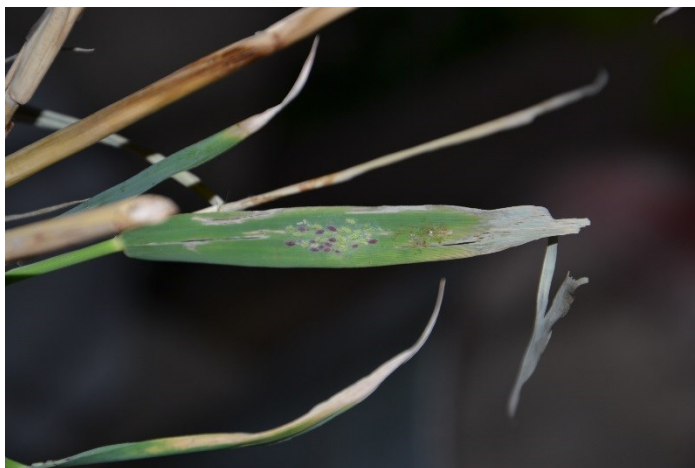
Ačkoliv byla pečlivě prostudována metodika pěstování pomocí hydroponického systému, první pokus experimentu se nepodařil a rákosy pěstované jako hydroponie uhynuly i když jsou považovány za odolné a vytrvalé rostliny. Zapříčiněno to mohlo být nadměrným zaléváním živným roztokem. Podle pana Věbra (1986) je vhodné zalévat hydroponie živným roztokem co 14 dní, ale v tomto experimentu, kdy se jako hydroponie vysadil rákos obecný, došlo k přežití živným roztokem. Důkazem toho byly krystalky solí na keramzitu. Nevhodné bylo i zalití živným roztokem ihned po zasazení, rákosy se tak nestihly přizpůsobit novému prostředí.

Rákosy z prvního pokusu měly sice nepoškozené a funkční kořeny, ale nadzemní část rostliny změnila barvu, už to nebyly zelené zdravé rákosy, ale uschlé a nahnědlé listy stonky. Listy začaly postupně opadat, a protože kromě jednoho měření konduktivity, rozpuštěného kyslíku a pH nebyly provedeny další analýzy a nebyly jim dodány ani solné roztoky, bylo rozhodnuto o vytvoření nových hydroponií.

Z prvního nepodařeného pokusu už bylo jasné, že bude vhodnější nasadit trs rákosů než použít pouze jednu rostlinku, která se velmi těžce po přesazení uchytí. Poslední den v červnu byl zahájen druhý pokus. Rákosy byly opět odebrány ze dvou zájmových území, z Dolu Lazy (zasolená oblast) a z rybníku Rojek v Ostravě – Svinov (přírozené stanoviště rákosů). Po zasazení byly ponechány bez jakéhokoliv zásahu pro lepší přizpůsobení se. Kromě zvětšení rozestupu mezi dodáváním živin, došlo také ke změně prostředí pěstování. Během prvního pokusu byly hydroponie uloženy v uzavřené místnosti laboratoře na parapetu u zavřeného okna. Na rákosy zde více než půl dne svítilo slunce. U druhého pokusu bylo pro pěstování hydroponií vybráno vhodnější místo, tak aby bylo vytvořeno přírozené prostředí pro správný růst a vývoj rostliny. Rákosy byly umístěny pod venkovní přístřešek, kde by případný déšť neovlivňoval výsledky měření a analýz a zároveň zde docházelo k přírozenému proudění vzduchu a změnám teplot během dne. Po 10 dnech byly rákosy poprvé zality živným roztokem a po 14 dnech od zalití živným roztokem byl hydroponiím dodán solný roztok.

První menší problém se vyskytl hned po prvním týdnu od vysazení hydroponií. Všechny rákosy, převážně rákosy odebrány z dolu Lazy 1, měly na listech drobný hmyz zelené a fialové barvy.

Tito drobní živočichové (viz Obrázek 28) byli pomocí papíru setřeni a postupně se podařilo tento problém odstranit. Paradoxně u rákosu L1 (z dolu Lazy 1) byl během prvního týdne sledován nový, malý přírůstek, z kterého vyrostl dospělý jedinec. Všechny tři rákosy pěstované jako hydroponie a odebrané z dolu Lazy prospívaly a nebyly u nich pozorovány výrazné změny (kromě výskytu drobného hmyzu na listech rostliny). Rostlinám se dařilo i po zalití solným roztokem na rozdíl od hydroponií z rybníku Svinov.



Obrázek 28: List rákosu obecného napadený drobným hmyzem, Brodská 2017

U první hydroponie, odebrané z rybníku Svinov (S1), byly již po prvním týdnu sledovány změny, některé listy měly výrazně světlejší barvu a pár stonků uschlo. Stonky druhé hydroponie z rybníku Svinov (S2) byly přibližně 5 cm od substrátu výrazně zelené a dužnaté, ale zbylá část byla suchá včetně listů. Podobně tomu bylo u S3 hydroponie z rybníku Svinov, nadzemní část usychala, ale kousek stonku byl stále dužnatý.

Postupem času rákosům z dolu Lazy přibývaly nové přírůstky, a naopak rákosům, odebraným z rybníku na Svinově, se dařilo čím dál hůř. Rostliny S2 a S3 už byly úplně vyschlé, proto byly rákosy vytaženy z hydroponického systému a zkontrolovány. Kořeny nezahnívaly, nezapáchaly, ale byly dost rozmočené. Drobné kořínky a rozmočené kořeny se zastříhly a po propláchnutí destilovanou vodou opět zasadily. Zastříhnuty byly i stonky u uschlých rákosů z dolu Lazy a u prvního rákosu z rybníku Svinov. Zastříhnuté stonky měly na rostliny pozitivní účinky, ze zastříhnutých stonků začaly vyrůstat nové přírůstky. Ale bohužel 5 týdnů po zasazení hydroponií, rákosy S2 a S3 z rybníku Svinov nejevily známky života. Proto byly tyto hydroponie, ještě před první analýzou chloridů, nahrazeny novými rákosy se stejného rybníka na Svinově. Roztoky i keramzit byl ponechán pro nové rostliny beze změny.

Co se týče příjmu vody rostlinou a výparu, byl dlouhodobě sledován úbytek vody u hydroponií z dolu Lazy 2 (L2), kdy dokonce nemohlo být 3x provedeno pravidelné týdenní měření konduktivity, salinity, pH a rozpuštěného kyslíku. Dne 7. 8. 2017 došlo k vyschnutí vzorku vody u všech tří hydroponií z dolu Lazy, měření taktéž u těchto hydroponií neproběhlo. Proto bylo nutné častější sledování těchto hydroponií, a průběžné doplňování rychle vysychající vody. Protože šlo o slepý vzorek, nebyl problém s ovlivňováním vzorků zředěním.

Z důvodu měření, které probíhalo během všech ročních období, muselo být řešeno i přemístění hydroponií z venkovního prostoru do prostor vnitřních, aby nedošlo k zmrznutí rostliny a vody v květináčích. Hydroponie byly na zimní odpočinkové období umístěny v garáži, kde byla teplota vyšší než venku, ale ne tak vysoká jako v prostorách, kde se přes zimu topí. Poslední týden v říjnu proběhlo první měření ve změněném prostředí. Rostliny, jak již bylo známo z dřívějších experimentů, na zimu usychají, proto jim byly nadzemní části ustříhnuty přibližně 5 cm od substrátu. V takovém stavu přežily zimní období a na jaře byly první týden v dubnu opět vráceny do venkovního prostředí.

Hned druhý den od přestěhování hydroponií ven, byly u všech hydroponií z dolu Lazy sledovány malé přírůstky, které během týdne narostly do výšky 25 cm (viz Obrázek 29). Rákosy z rybníka Svinov neprojevily žádné známky nového života a předpokládá se, že vlivem stresu, který během experimentu zažívaly, nepřežily.



Obrázek 29: Hydroponie po experimentu, Brodská 2018

Solný roztok v rámci experimentu nahrazoval slané důlní vody, které vytékají z dolu Lazy. Toto řešení bylo zvoleno z důvodu stejných koncentrací solného roztoku, který byl připraven ve čtyřech koncentracích, 0,1 %, 0,2 %, 1 %, 2 % pomocí rozpuštěné soli v destilované vodě. Slané důlní vody, které byly odebírány při předchozím experimentu, měly pokaždé jinou koncentraci chloridů v závislosti na těžbě, proto byly nahrazeny solnými roztoky.

Pro větší přesnost analýz a měření bylo zvoleno hydroponické pěstování s inertním substrátem, který neovlivňoval výsledky měřených parametrů. Destilovaná voda pro zalévání také nijak neměnila výsledky, jde o demineralizovanou vodu.

Hydroponické pěstování je ve své podstatě ojedinělé a nedá se srovnávat s klasickým pěstováním v půdním substrátu. V hydroponickém systému chybí mikroorganismy, které se vyskytují v půdě a vážou se na kořeny, jinak zde funguje i příjem živin. Rozdíl spočívá také v přístupnosti kyslíku pro rostliny v hydroponickém systému, v některých případech se musí u hydroponií kyslík dodávat uměle pomocí přístroje. V daném experimentu bylo kyslíku dostatek kvůli prostorům mezi keramzitem.

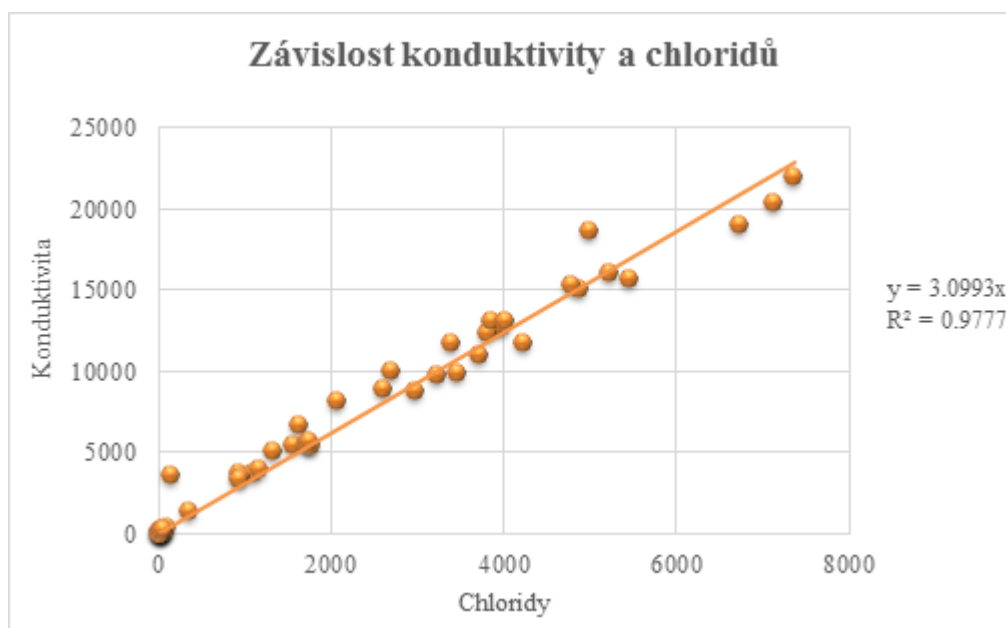
Výsledky měření dopadly podle očekávání, například vysoká konduktivita byla předpokládána vlivem dodávání solného roztoku hydroponiím. Když porovnáme hodnoty rozpuštěného kyslíku ve všech vzorcích vody odebrané z hydroponií, je možné říct, že na hodnoty rozpuštěného kyslíku neměl solný ani živný roztok žádný vliv. Hodnoty naměřeného kyslíku jsou srovnatelné mezi sebou u všech vzorků. Hodnoty rozpuštěného kyslíku závisí s teplotou. V experimentu souvislost mezi těmito parametry nebyla potvrzena. Mezi nejnižší a nejvyšší hodnotou rozpuštěného kyslíku byl rozdíl teplot pouze o jeden stupeň.

Hodnoty pH by se měly pohybovat v rozmezí 5,5 až 6,5 (slabě kyselé), pro přirozený růst a vývoj rostliny. Výsledky měření byly ovšem jiné, nejčastěji bylo naměřeno neutrální pH 7. Nejnižší naměřená hodnota pH dosahovala 6,176 a nejvyšší hodnota pH byla zásaditá 8,945. Hodnoty pH u hydroponií v rámci vlastního experimentu jsou podobné jako pH naměřené u důlní vody odebírané v dolu Lazy, kde se pH pohybovalo také okolo neutrální hodnoty 7.

Konduktivitu, ale především salinitu v hydroponiích ovlivňoval přísun solí v podobě solného roztoku. Po zalití rákosů solným roztokem se zvýšila konduktivita a samozřejmě i salinita u vzorků vody odebraných z hydroponií.

Čím byla větší koncentrace solného roztoku, tím byla vyšší salinita a konduktivita. Výjimkou byly tzv. slepé vzorky, kterým se solný roztok nedodával, a proto u nich byla naměřena nulová salinita. V menší míře konduktivitu ovlivňoval i živný roztok, který obsahuje základní živiny pro rákosy pěstované jako hydroponie.

Během vlastního experimentu byla potvrzena korelace mezi konduktivitou a obsahem chloridů v roztocích. Když se zvýšila konduktivita ve vzorcích hydroponií vlivem dodání solného roztoku, zvýšily se u koncentrace chloridů. Koncentrace chloridů ovlivňovalo konduktivitu. To opět neplatí pro slepé vzorky, které nebyly zatěžovány solnými roztoky. Důkazem vzájemné spojitosti konduktivity a koncentrací chloridů je níže přiložený Graf 6.



Graf 6: Korelace konduktivity a chloridů ve vzorcích, Brodská 2018

Úzká spojitost je zapříčiněna tím, že konduktivita udává mimo jiné i množství solí v roztocích, což jsou i chloridy, které jsou obsaženy v solném roztoku.

Chloridy v experimentu dosahovaly vysokých hodnot a v několika případech mnohonásobně překračovaly limit 250 mg/l. Jen slepé vzorky L2 a S2 limit nepřesáhly v žádném z měření, důvodem bylo zalévání pouze živným roztokem bez dodání solného

roztoku. Například hodnota 7367 mg/l chloridů, která byla naměřena u hydroponií S1, byla způsobena tím, že bylo měřeno po zalití solným roztokem, nejprve 0,2 % a po 14 dnech 2 %.

Z Grafu 3 je zřejmé, že fytořemediace pravděpodobně probíhá, neboť po zalití roztokem s maximální koncentrací soli, následně dochází k jejímu poklesu ve vzorcích.

Tabulka 14: Koncentrace chloridů, Brodská 2017

Měření koncentrace chloridů	
21. 8. 2017	6742 mg/l (ředění 1:14)
4. 9. 2017	4229 mg/l (ředění 1:4)
18. 9. 2017	1330 mg/l (ředění 1:2)

V sledovaném období (viz Tabulka 14) se snižují chloridy a zároveň klesá konduktivita. Dne 21. 8. 2017 mělo pH nejnižší hodnotu, pak zase hodnota mírně vzrostla, ale klesal kyslík, z max. hodnoty 10,63 mg/l na 3,43 mg/l. Proto odhaduji nepříznivé podmínky pro fotosyntézu.

I v těchto stresujících podmínkách, kdy byla přirozená hodnota 250 mg/l překročena 29x, rákos obecný přežil a u hydroponií z dolů Lazy se rákos i rozmnožoval. U předchozího experimentu s rákosy z dolů Lazy bylo zjištěno, že rákosy snášejí a prospívají v extrémních podmínkách při obsahu soli v roztoku 30 g na litr.

Analýza sodíku byla uskutečněna jak u roztoků odebraných z hydroponií, tak u keramzitu. Bylo zjištěno, že keramzit obsahoval větší podíl sodíku než roztoky (viz Tabulka 15). Část sodíku, který se do hydroponií dostal solným roztokem, byla akumulována rákosy, ovšem není známo, jaké množství, ale během dalšího výzkumu bude provedena analýza biomasy rákosu, pro zjištění a potvrzení tohoto faktu.

Tabulka 15: Analýza sodíku, Brodská 2017

Vzorky		Slepý vzorek	Důl Lazy 1	Důl Lazy 2	Důl Lazy 3	Rybník Svinov 1	Rybník Svinov 2	Rybník Svinov 3
Keramzit	Na	0,57	2,54	0,50	1,65	3,06	0,53	1,28
Roztok	(%)		0,1876	0,0053	0,0674	0,1904	0,0082	0,0996
Chloridy	mg/l		3966	38.2	1091	3842	25	1710

10 ZÁVĚR

Předkládána diplomová práce v první kapitole popisuje důlní vody, které hrají ve vlastním experimentu hlavní roli. A to konkrétně slané důlní vody, vytékající ze zájmového území dolu Lazy, které v rámci experimentu nahradil solný roztok pro přesnější měření. Fytoremediačními procesy (shrnuty v druhé kapitole) rákos obecný akumuloval soli dodávané ve formě vytvořeného solného roztoku.

U rákosu obecného, pěstovaného v inertním materiálu tzv. keramzitu a zalévaného živným a solným roztokem (v hydroponiích) byly sledovány a potvrzeny fytoremediační schopnosti a solný stres. Změny v růstu a životaschopnosti i výsledky měření a analýz se porovnávaly u dvou typů hydroponií. První rákosy byly odebrané ze zasoleného prostředí dolu Lazy a z rybníku Rojek v Ostravě Svinov, z oblasti bez výskytu solí a přirozeného prostředí pro rákosy.

Během ročního výzkumu byly měřeny vybrané parametry, pH, konduktivita, salinita a rozpuštěný kyslík ve všech vzorcích vody z hydroponií, včetně slepých vzorků a výsledky se srovnávaly mezi rákosy odebrané z dolu Lazy a rákosy odebrané z rybníku Svinov. Naměřené hodnoty byly u obou typů velmi podobné, ovlivňovány byly pouze solným roztokem a živným roztokem.

U vody z hydroponií se prováděla analýza chloridů, kde největší koncentrace dosáhl vzorek z hydroponie odebrané z rybníku Rojek, Svinov. To může být způsobeno tím, že rostlina není schopná akumulovat tak velké koncentrace solí oproti rákosů z dolu Lazy, protože se k tomuto abiotickému stresu nepřizpůsobila.

Viditelný rozdíl byl ovšem sledován ve vzhledu rostlin. Rákosy z rybníku Rojek ve Svinově mnohem hůř snášely solný stres, na který nebyly zvyklé. Rostliny chřadly, ale kořeny byly pořád funkční, přestože naměřené hodnoty konduktivity měly srovnatelné s rákosy z dolů Lazy. Naopak rákosy z dolu Lazy, pro které byla vysoká salinita přirozená se rozmnožovaly a prospívaly.

Po ukončení experimentu byly hydroponie stále udržovány, ale po zimním, vegetačním klidu bohužel hydroponie z rybníku Svinov uhynuly. Byl u nich prokázán vliv solného stresu, se kterým se nedokázaly vypořádat. Hydroponie z dolu Lazy opět vyrostly a rozmnožují se, jsou odolnější.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] GRMELA, A; BLAŽKO, A. Důlní vody a jejich začlenění v legislativě České republiky 2008
- [2] Důlní vody. OKD [online]. Karviná, 2012 [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: <https://www.okd.cz/cs/zivotni-prostredi/dulni-vody>
- [3] Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon)
- [4] MAKARIUS, Roman. *České horní právo*. Díl I. Ostrava: Montanex, 1999. ISBN 80-7225-033-7.
- [5] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon ve znění pozdějších předpisů)
- [6] GRMELA, A. *Problematika důlních vod a ochrana kvality povrchových vod při jejich vypouštění*. In: Sborník vědeckých prací VŠB – TU Ostrava. Řada hornicko – geologická, 1999. Ostrava: ISSN 0474-8476- Roč. 45
- [7] KUKAL, Z. *Horninové prostředí České republiky: jeho stav a ochrana*. Praha: Český geologický ústav, 2000. ISBN 8070754133.
- [8] RICHTER, M. *Technologie ochrany životního prostředí: Ochrana čistoty vod*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E.Purkyně v Ústí n.L., 2005.
- [9] List opatření: *Odsolování vysoce koncentrovaných slaných důlních vod* [online]. Ostrava, 2009 [cit. 2018-02-23]. Dostupné z: http://www.pod.cz/plan-oblasti-povodi-Odry/c-stav/listyopatreni/c4_06/od130005.pdf
- [10] DVORSKÝ, J., MALUCHA, P., GRMELA, A., RAPANTOVÁ, N. (2006): *Ostravskokarvinský detrit - spodnobádenská bazální klastika české části Hornoslezské pánve*. Monografie. Montanex, Ostrava. ISBN 80-7225-231-3.
- [11] PITTER, P. *Hydrochemie*. 4., aktualiz. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009. ISBN 9788070807019.
- [12] KADLÍKOVÁ, L. Fytoremediace aneb rostliny které čistí půdu. *Příroda.cz* [online]. 2010 [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: <https://www.priroda.cz/clanky.php?detail=1242>

- [13] VANĚK, T.; SOUDEK, P.; TYKVA, R.; KALIŠOVÁ, I. Možnosti využití fytořemediace pro odstranění kontaminace. Dostupné: http://slon.diamo.cz/hpvt/2002/sekce/zahlazovani/Z07/P_07.htm
- [14] PŘIBYLOVÁ, L. Fytořemediace – využití rostlin a mikroflóry k dekontaminaci půdy. *Aldebaran bulletin*[online]. AGA & Štefánikova hvězdárna v Praze, 2014, **12**(14) [cit. 2018-03-14]. ISSN 1214-1674. Dostupné z: http://www.aldebaran.cz/bulletin/2014_14_bio.php
- [15] SHELEF, O., A. GROSS a S. RACHMILEVITCH. The use of *Bassia indica* for salt phytoremediation in constructed wetlands. *Water Research* [online]. 2012, **46**(13), 3967-3976 [cit. 2018-03-14]. DOI: 10.1016/j.watres.2012.05.020. ISSN 00431354. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043135412003478>
- [16] KOLBEK, J. a V. VĚTVIČKA. *Rostliny na každém kroku*. Praha: Granit, 2000. ISBN 8085805952.
- [17] SYLVIA, M. HASLAM; The Development and Emergence of Buds in *Phragmites communis* Trin., *Annals of Botany*, Volume 33, Issue 2, 1 March 1969, Pages 289–301, <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a084283>
- [18] BRODSKÁ, A. *Vliv slaných důlních vod na halofytní rostliny*. Ostrava, 2016. Bakalářská práce. VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA. Vedoucí práce Jana Nováková.
- [19] ROGERS, K. a T. J. RALPH. *Floodplain wetland biota in the Murray-Darling basin: water and habitat requirements*. Collingwood, Vic.: CSIRO Publishing, 2011. ISBN 9780643096288.
- [20] CHYTRÝ, M. ed. *Vegetace České republiky: Vegetation of the Czech Republic*. Praha: Academia, 2007. ISBN 9788020014627.
- [21] LANSDOWN, R.V *Phragmites australis*. *The IUCN Red List of Threatened Species* [online]. 2017 [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: <http://www.iucnredlist.org/details/full/164494/0>
- [22] HAMMERSON, G. A. *Connecticut wildlife: biodiversity, natural history, and conservation*. Hanover: University Press of New England, c2004. ISBN 1584653698.

- [23] CHAPPELL, J.: *Phytoremediation of TCE using Populus*. 1997, Status Report prepared for the U.S.EPA Technology Innovation Office under a National Network of Environmental Management Studies Fellowship
- [24] VANĚK, T., Š. PETROVÁ, R. PODLIPNÁ a P. SOUDEK. *Fytoremediace a možnosti její aplikace*. Praha: Středisko společných činností AV ČR, 2017. ISSN 2464-6245.
- [25] VYMAZAL, J. *Kořenové čistírny odpadních vod*, 2004. ENKI, o.p.s., Třeboň.
- [26] CARILLO, P., M. GRAZIA, G. PONTECORVO, A. FUGGI a P. WOODROW. Salinity Stress and Salt Tolerance. SHANKER, A., ed. *Abiotic Stress in Plants - Mechanisms and Adaptations* [online]. InTech, 2011, 2011-09-22 [cit. 2018-02-02]. DOI: 10.5772/22331. ISBN 978-953-307-394-1. Dostupné z: <http://www.intechopen.com/books/abiotic-stress-in-plants-mechanisms-and-adaptations/salinity-stress-and-salt-tolerance>,
- [27] MUNNS, R., TESTER M., 2008 Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, **59** 651 681 .
- [28] ASHRAF, M., Münir A. ÖZTÜRK a H. R. ATHAR. *Salinity and water stress*. New York: Springer, 2008. ISBN 9781402090646.
- [29] *Biology of halophytes*. Oxford: Elsevier Science, 1972. ISBN 9780323151580.
- [30] EDITED BY A. LÄUCHLI a U. LÜTTGE. *Salinity: Environment - Plants - Molecules*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004. ISBN 0306481553.
- [31] ZHU, J-K. *Plant Salt Stress*. In: eLS. John Wiley & Sons Ltd, Chichester. 2007 <http://www.els.net> [doi: 10.1002/9780470015902.a0001300.pub2]
- [32] AHMAD, P., M. M. AZOOZ, M. N. V. PRASAD, et al. *Salt stress in plants: signalling, omics and adaptations*. New York: Springer, 2013. ISBN 9781461461074.
- [33] FAHAD, S., HUSSAIN, S., MATLOOB, A. et al. *Plant Growth Regul* (2015) 75: 391. <https://doi.org/10.1007/s10725-014-0013-y>

- [34] MOŤKOVÁ, K., PODLIPNÁ, R., VANĚK, T. a Z. KAFKA. *Halofytní rostliny a jejich možné využití ve fytořemediacích*. Chemické listy. 2014, Roč. 108, č. 6, s. 586-591. ISSN 0009-2770. Dostupný z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2014_06_586-591.pdf
- [35] TESTER, M., DAVENPORT, R.; Na⁺ Tolerance and Na⁺ Transport in Higher Plants, *Annals of Botany*, Volume 91, Issue 5, 1 April 2003, Pages 503–527, <https://doi.org/10.1093/aob/mcg058>
- [36] EDITED BY TURKAN, I., *Plant responses to drought and salinity stress developments in a post-genomic era*. Oxford: Academic, 2011. ISBN 9780123876928.
- [37] FLOWERS, T., J. a T. D. COLMER. Salinity tolerance in halophytes*. *New Phytologist* [online]. 2008, **179**(4), 945-963 [cit. 2018-02-22]. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2008.02531.x. ISSN 0028646x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1469-8137.2008.02531.x>
- [38] VÉBER, K.. *Hydroponické kultivační systémy*. Praha: Academia, 1986.
- [39] DIOPAN, V., RYANT P., ADAM V. a R. BEKLOVÁ. Hydroponie - význam pro fytořemediační technologie = Hydroponics and its importance for phytořemediation technologies. *Listy cukrovarnické a řepařské*, 2009, **125**,(7/8), 227-228.
- [40] DUCHOŇ, F. a J. J. KYNČL. *Pěstování rostlin bez půdy: hydroponie*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1960.
- [41] HARRIS, Dudley. *Hydroponics: the complete guide to gardening without soil*. Reprinted. London: New Holland, 1992. ISBN 1853681938.
- [42] KUČEROVÁ, R., P. FEČKO a B. LYČKOVÁ. *Úprava a čištění vody*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2011, 108 s. ISBN 978-80-248-2389.
- [43] NOVÁKOVÁ, J.; MELČÁKOVÁ, I.; ŠVEHLÁKOVÁ, H. Skripta Ekologické aspekty technické hydrobiologie [online]. 2006 [cit. 2014-10-30]. Ekologické aspekty technické hydrobiologie. Dostupné z [www: http://hgfl0.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/](http://hgfl0.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/)

- [44] STACH, J. et. al., Jak funguje kořenová čistička odpadních vod. *Čističky Vše o čištění odpadní vody* [online]. 2012 [cit. 2014-11-25]. Dostupné z: <http://www.cisticka.info/potrebuji-cho-ci-cisticku/jak-funguje-korenova-cisticka-odpadnich-vod/>
- [45] J. BENTON JONES a JR. *Hydroponics a Practical Guide for the Soilless Grower*. 2nd ed. Hoboken: CRC Press, 2004. ISBN 9781420037708.
- [46] PETŘÍČKOVÁ, R.. Hydroponie a jak na ni. *Příroda.cz* [online]. Praha, 2006 [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <https://www.priroda.cz/clanky.php?detail=677>
- [47] LÓŠKA, O.. Pěstovat hydroponicky, nebo v půdním substrátu?. *ROOTS časopis s kořeny* [online]. 2018 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: <https://www.casopisroots.cz/hydroponie-vs-substrat/>
- [48] NÁTR, L.. *Koncentrace CO₂ a rostliny*. Praha: ISV, 2000. ISBN 80-85866-62-5.
- [49] SALZER, E. H. *Pěstování rostlin bez půdy*. Praha: SZN, 1968. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství).
- [50] Lechuza Classico 21 (kompletní set) - antracit. *Lechuza* [online]. Zlín, 2018 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <https://www.krasnekvetinace.cz/krasnekvetinace/eshop/12-1-CLASSICO/0/5/238-Lechuza-Classico-21-kompletni-set-antracit>
- [51] Keramzit a hydroponie. *Keramzit* [online]. 2008 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <https://www.keramzit.cz/keramzit-a-hydroponie/>
- [52] Hydroponex 135ml. *Rostliny-semena.cz* [online]. Lázně Luhačovice, 2018 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <http://www.rostliny-semena.cz/hnojiva-pro-rostliny/Tekute/-7803/>
- [53] *Mapy* [online]. 2018 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=18.4445897&y=49.8293700&z=17&base=ophoto&source=base&id=2114836&q=dul%20Lazy>
- [54] *Mapy* [online]. 2018 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=18.2012276&y=49.8054332&z=16&base=ophoto&source=base&id=1715404&q=Rybn%C3%ADk%20rojek>
- [55] Hydroponie. *Zelené zprávy.cz* [online]. Praha, 2012 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <http://www.zelenezpravy.cz/hydroponie/>

- [56] Výživa a hnojení hydroponie. *Hydroponie news* [online]. Praha, 2016 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <http://www.bohemia-werbung.cz/public/download/grafika-kreativita/realizace/hydroponie-news-2016-02.pdf>
- [57] Měření pH a EC živného roztoku. *GROWLIGHT* [online]. Plzeň, 2017 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <https://www.growlight.cz/mereni-ph-ec-zivneho-roztoku/>
- [58] Oxymetry pro měření koncentrace O₂ rozpuštěného v kapalinách. *Micronix* [online]. Praha, 2013 [cit. 2018-03-23]. Dostupné z: <https://eshop.micronix.cz/data/cz/att/002/1483-2067.pdf>
- [59] pH metr WTW 3110 kapesní kufříkový Set 2. *Merci* [online]. Brno, 2015 [cit. 2018-03-23]. Dostupné z: <http://www.mercishop.cz/zbozi/z1213021010120-ph-metr-wtw-3110-kapesni-kufrikovy-set-2/>
- [60] DR6000 spektrofotometr. *Hach* [online]. Praha, 2017 [cit. 2018-03-23]. Dostupné z: <https://cz.hach.com/spektrofotometry/dr6000-spektrofotometr/family?productCategoryId=24969963245>
- [61] Hydroponie rostou z vody. *New visit* [online]. Hradec Králové, 2018 [cit. 2018-03-23]. Dostupné z: <http://newvisit.cz/hydroponie-v-interieru>
- [62] Kapesní konduktometry. *WTW Ludmila Kučerová* [online]. Svitavy, 2018 [cit. 2018-03-23]. Dostupné z: <http://www.wtwkucerova.cz/kapkon.html>
- [63] BY ISMAIL TURKAN. Plant responses to drought and salinity stress developments in a post-genomic era. Oxford: Academic, 2011. ISBN 9780123876928.
- [64] ŘEPKOVÁ, Jana. Geneticky modifikované rostliny. *Genetika rostlin* [online]. Brno, 2013 [cit. 2018-03-23]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/js13/genetika/web/pages/09-geneticke-modifikace.html>
- [65] Laohavisit A., Colaco R., Davies J. (:Cytosolic Ca(2+) determinations in studying plant responses to salinity and oxidative stress. *Methods of Molecular Biology*. 2012. **913**, 163-71.
- [66] Data dolu Lazy, vodohospodář ing. Jaška, 2016

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AMD	„acid mine drainage“ kyselá důlní voda
CO₂	oxid uhličitý
DV	destilovaná voda
FI-AAS	atomová absorpční spektrofotometrie
KCl	chlorid draselný
KČOV	kořenová čistírna odpadních vod
K₂O	oxid draselný
L1	1. hydroponie odebrané z dolu Lazy
L2	2. hydroponie odebrané z dolu Lazy
L3	3. hydroponie odebrané z dolu Lazy
MgCO₃	uhličitan hořečnatý
MgO	oxid hořečnatý
Na⁺/K⁺ ATP	sodno – draselná pumpa NaCl – chlorid sodný
NL	nerozpuštěné látky
pH	vodíkový exponent
P₂O₅	oxid fosforečný
RAS	rozpuštěné anorganické soli
ROS	reaktivní forma kyslíku
S1	1. hydroponie odebrané z rybníku Rojek v Ostravě-Svinov
S2	2. hydroponie odebrané z rybníku Rojek v Ostravě-Svinov
S3	3. hydroponie odebrané z rybníku Rojek v Ostravě-Svinov
SO₄²⁻	síranový aniont
OKR	ostravsko-karvinský revír
WD-XRF	vlnově-disperzní rentgenová fluorescenční spektrometrie

SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obrázek 1: Fytoremediace [38]	7
Obrázek 2: Kořenová čistírna, rákos obecný [25];	9
Obrázek 3: Rhizofiltrace [24]	13
Obrázek 4: Zdroje solného stresu [29].....	14
Obrázek 5: Hydroponie [61]	18
Obrázek 6: Květináč pro hydroponie [50]	23
Obrázek 7: Keramzit [51]	24
Obrázek 8: Živný roztok Hydroponex [52]	25
Obrázek 9: Důl Lazy [53]	27
Obrázek 10: Mapa území [54]	28
Obrázek 11: Zájmové území, Brodská 2017	29
Obrázek 12: Oximetr, Brodská 2017	33
Obrázek 13: Konduktometr, Brodská 2017	34
Obrázek 14: pHmetr, Brodská 2017	36
Obrázek 15: Vzorky vody z hydroponií, Brodská 2017	37
Obrázek 16: Spektrofotometr DR 6000 [60]	37
Obrázek 17: Kyvetová sada chloridy, Brodská 2017	38
Obrázek 18: Spektrometr Varian, Brodská 2017	40
Obrázek 19: Vysušený keramzit, Brodská 2017.....	41
Obrázek 20: Vibrační kruhový mlýnek, Brodská 2017	41
Obrázek 21: Keramzit ve vibračním mlýnku, Brodská 2017	42
Obrázek 22: Spektrometr S8 Tiger, Brodská 2017.....	42
Obrázek 23: Osazené květináče rákosem obecným, Brodská 2017	44
Obrázek 24: Keramzit pokrytý solí, Brodská 2017	45

Obrázek 25: Hnilobný stonek rákosu obecného, Brodská 2017	45
Obrázek 26: Kořen rákosu obecného, Brodská 2017	46
Obrázek 27: Venkovní umístění květináčů, Brodská 2017	47
Obrázek 28: List rákosu obecného napadený drobným hmyzem, Brodská 2017.....	63
Obrázek 29: Hydroponie po experimentu, Brodská 2018	64
Graf 1: Naměřené hodnoty rozpuštěného kyslíku u vzorků vody z hydroponií dolu Lazy, Brodská 2018	48
Graf 2: Naměřené hodnoty rozpuštěného kyslíku u vzorků vody z hydroponií z rybníku na Svinově, Brodská 2018	49
Graf 3: Naměřené hodnoty konduktivity, Brodská 2018	54
Graf 4: Naměřené hodnoty salinity, Brodská 2018	55
Graf 5: Naměřené hodnoty pH, Brodská 2018	56
Graf 6: Korelace konduktivity a chloridů ve vzorcích, Brodská 2018	66

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Složení Hydroponex [52].....	25
Tabulka 2: Technické parametry oximetru [58]	34
Tabulka 3: Technické parametry konduktometru [62]	35
Tabulka 4: Technické parametry pHmetru [58]	36
Tabulka 5: Výsledky měření, Brodská 2017	45
Tabulka 6: Harmonogram dodávání živin a zalévání destilovanou vodou, Brodská 2018 .	51
Tabulka 7: Harmonogram dodávání solného roztoku, Brodská 2018.....	52
Tabulka 8: Výsledky měření chloridů, Důl Lazy, Brodská 2018	58
Tabulka 9: Výsledky měření chloridů, rybník Rojek, Brodská 2018	59
Tabulka 10: Výsledky měření draslíku, Brodská 2018.....	60
Tabulka 11: Výsledky měření hořčíku, Brodská 2018	61
Tabulka 12: Výsledky měření sodíku, Brodská 2017	61
Tabulka 13: Výsledky naměřeného sodíku u vzorků keramzitu, Brodská 2017	61
Tabulka 14: Koncentrace chloridů, Brodská 2017	67
Tabulka 14: Analýza sodíku, Brodská 2017	67

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Naměřené hodnoty rozpuštěného kyslíku a teploty (Důl Lazy), Brodská 2018	11
Příloha 2:Naměřené hodnoty rozpuštěného kyslíku a teploty (Rybník Svinov), Brodská 2018	12
Příloha 3:Naměřené hodnoty konduktivity [$\mu\text{S}/\text{cm}$], Brodská 2018	13
Příloha 4:Naměřené hodnoty salinity, Brodská 2018	14
Příloha 5:Naměřené hodnoty pH, Brodská 2018	15

PŘÍLOHY

Naměřené hodnoty rozpuštěného kyslíku a teploty (Důl Lazy)						
Dny měření/ vzorky	Důl Lazy 1		Důl Lazy 2		Důl Lazy 3	
	Rozpuštěný O2 [mg/l]	Teplota °C	Rozpuštěný O2 [mg/l]	Teplota °C	Rozpuštěný O2 [mg/l]	Teplota °C
12.7.	3.97	24.7	3.96	24.8	4.08	24.4
21.7.	4.73	23.3	4.84	22.3	5.03	21.7
24.7.	9.27	21.8	7.87	22	7.43	21.8
31.7.	7.37	24	7.47	24.2	7.6	24.4
7.8.						
14.8.	7.85	20.3	8.44	20.4	8.3	20.4
21.8.	7.94	17.5	8.74	17.5	9.99	17.8
28.8.	10.63	7.342			5.77	7.08
4.9.	10.56	12.1	10.53	12.3	10.21	12.1
11.9.	3.43	16.5	5.56	16.6	4.8	16.5
18.9.	3.9	8.9	4.4	8.9	3.99	8.9
25.9.	3.62	15.8	3.8	15.1	3.51	15.3
2.10.	7.03	5.5	6.18	5.2	7.3	5.4
9.10.	6.41	7.5	4.99	8.3	6.75	7.6
16.10.	4.59	21.5	5.26	22.4	4.43	21.4
23.10.	5.38	8.9	11.59	9.1	4.3	9.4
30.10.	6	8.4			5.63	9.1
6.11.	4.33	11.2	5.37	11.4	3.15	11.3
10.11.	5.08	9.6	4.36	9.5	5.08	9.5
20.11.	5.18	7.6	6.82	7.8	4.53	7.8
27.11.	5.16	8.2	4.55	8.1	6.14	8.2
4.12.	4.92	4.1	4.87	3.9	4.48	4.1
11.12.	5.22	5.3	5.59	5.1	4.19	5.4
18.12.	6.83	3	5.24	3	6.73	3
25.12.	6.23	5	6.02	5.1	5.64	4
1.1.	5.83	5.2	6.17	5.2	4.91	5.1
8.1.	6.08	5.4	5.6	5.4	6.03	5.3
15.1.	6.68	3.2	6.55	3.3	7	3.4
22.1.	6.52	3.7	7.11	3.8	6.38	3.7
29.1.	5.93	4	6.21	4	5.76	4.2
5.2.	6.27	4.2	6.79	4.1	5.71	4.2

Příloha 1: Naměřené hodnoty rozpuštěného kyslíku a teploty (Důl Lazy), Brodská 2018

Naměřené hodnoty rozpuštěného kyslíku a teploty (Rybník Svinov)						
Dny měření/ vzorky	Rybník Svinov 1		Rybník Svinov 2		Rybník Svinov 3	
	Rozpuštěný O2 [mg/l]	Teplota °C	Rozpuštěný O2 [mg/l]	Teplota °C	Rozpuštěný O2 [mg/l]	Teplota °C
12.7.	3.67	24.1	4	24.2	3.96	24.3
21.7.	6.57	21.2	6.84	20.9	6.95	20.9
24.7.	8.61	22.1	7.92	22.1	7.81	21.7
31.7.	7.45	24.4	6.8	24.8	8.3	24.7
7.8.	8.97	7.86	7.67	7.925	8.09	7.651
14.8.	8.05	20.3	8.16	20.6	9.68	19.1
21.8.	9.95	17.5	8.34	18	9.72	18.3
28.8.	10.61	7.243	10.79	7.491	9.69	7.153
4.9.	8.87	12.1	10.24	12.6	10.37	12.2
11.9.	4.25	16.5	3.4	16.1	3.45	16.1
18.9.	3.67	8.9	3.13	8.8	2.71	8.6
25.9.	3.94	16.2	2.92	15.3	3.78	16.6
2.10.	5.71	5.5	5.3	5.9	4.88	6.8
9.10.	7.21	8.4	6.77	7.4	6.49	8.6
16.10.	6.81	22	4.1	21.7	4.99	21.6
23.10.	7.15	9.4	4.42	9.1	5.05	9.7
30.10.	5.93	8.4	6.02	8	5	8.2
6.11.	3.72	11.4	4.24	11.4	3.6	11.5
10.11.	4.99	9.7	4.16	9.6	7.06	9.7
20.11.	5.6	7.8	4.83	7.8	4.1	7.9
27.11.	4.95	8.3	4.22	8.2	5.7	8.2
4.12.	6.21	4.2	4.89	3.9	5.13	4.1
11.12.	5.42	5.2	5.39	5.3	3.47	5.5
18.12.	7.37	3.2	5.72	3.2	6.33	3
25.12.	5.91	5.1	5.2	5.1	7.01	5
1.1.	5.58	5.2	5.73	5.2	5.83	5.2
8.1.	5.51	5.5	6.2	5.4	5.91	5.8
15.1.	6.33	3.3	7.55	3.2	3.11	3.4
22.1.	7.39	3.7	6.23	3.6	5.96	3.7
29.1.	6.07	4	6.55	3.9	5.78	4.1
5.2.	4.8	4.1	6.37	4.1	5.84	4.4

Příloha 2:Naměřené hodnoty rozpuštěného kyslíku a teploty (Rybník Svinov), Brodská 2018

Naměřené hodnoty konduktivity [$\mu\text{S/cm}$]						
Dny měření /vzorky	Důl Lazy 1	Důl Lazy 2	Důl Lazy 3	Rybník Svinov 1	Rybník Svinov 2	Rybník Svinov 3
12.7.	514	885	639	698	947	641
21.7.	532	856	669	762	1039	702
24.7.	522	901	588	798	1052	730
31.7.	3450	352	1958	1910	360	3840
7.8.				3920	405	1989
14.8.	32800	2	17650	31300	306	16620
21.8.	18960	90.1	11720	21900	377	10980
28.8.	19620		14990	22000	404	11070
4.9.	11680	23.3	3670	12290	270	6640
11.9.	12520	27.1	4640	12330	293	6710
18.9.	5030	13.3	3543	5450	15.53	3430
25.9.	5310	10.8	622	5490	158.2	3470
2.10.	5450	68.3	1312	5480	160.5	3280
9.10.	5680	0.9	1344	5430	160	3240
16.10.	14980	81.5	8710	15700	203	8860
23.10.	15260	0.3	2830	15760	113.7	8850
30.10.	15340		9780	16040	118.6	8100
6.11.	12600	97.3	3540	12970	148.8	5480
10.11.	12640	103.4	3650	13040	143.7	5510
20.11.	12780	29.5	3840	13070	154.4	5540
27.11.	12750	4	3900	13110	158.7	5670
4.12.	20900	157.8	9840	21000	252	9870
11.12.	20900	145.8	9690	20900	242	9840
18.12.	20800	143.5	9840	21100	253	9980
25.12.	20700	145	9710	21000	260	9860
1.1.	20800	147.4	9680	21000	282	9680
8.1.	20800	163.6	9620	20800	254	9490
15.1.	20900	166	9720	20600	274	9430
22.1.	20800	165.9	9760	20600	286	9390
29.1.	19900	146	9690	20700	286	9940
5.2.	18600	96.7	9840	20400	295	10020

Příloha 3: Naměřené hodnoty konduktivity [$\mu\text{S/cm}$], Brodská 2018

Naměřené hodnoty salinity						
Dny měření/ vzorky	Důl Lazy 1	Důl Lazy 2	Důl Lazy 3	Rybník Svinov 1	Rybník Svinov 2	Rybník Svinov 3
12.7.	0	0	0.1	0.1	0	0,0 - 0,1
21.7.	0	0	0.1	0.1	0	0.1
24.7.	0	0	0	0.1	0	0.1
31.7.	1.7	0	0.8	2	0	0.8
7.8.				2	0	0.8
14.8.	20.3	0	10.4	19.4	0	9.7
21.8.	11.2	0	6.7	13	0	6.3
28.8.	11.6		8.6	13.1	0	6.3
4.9.	6.6	0	1.8	7	0	3.6
11.9.	7.1	0	2.4	7	0	3.6
18.9.	2.6	0	0	2.8	0	1.6
25.9.	2.8	0	0	2.9	0	1.7
2.10.	2.9	0	0.4	2.9	0	1.6
9.10.	3	0	0.5	2.8	0	1.5
16.10.	8.8	0	4.9	9.2	0	5
23.10.	8.7	0	1.3	9	0	4.8
30.10.	8.7		5.3	9.2	0	8.2
6.11.	7.1	0	1.7	7.4	0	2.9
10.11.	7.1	0	1.8	7.4	0	2.9
20.11.	7.2	0	1.9	7.4	0	2.9
27.11.	7.2	0	1.9	7.4	0	3
4.12.	12.1	0	5.4	12.2	0	5.4
11.12.	12	0	5.3	12.1	0	5.4
18.12.	12	0	5.4	12	0	5.4
25.12.	11.8	0	5.3	12.1	0	5.3
1.1.	11.5	0	5.3	12.2	0	5.3
8.1.	12.1	0	5.3	12.1	0	5.2
15.1.	12	0	4.9	11.9	0	5.3
22.1.	10.9	0	5	12.1	0	5.3
29.1.	10.6	0	5.2	12	0	5.4
5.2.	10.4	0	5.4	12	0	5.5

Příloha 4:Naměřené hodnoty salinity, Brodská 2018

Naměřené hodnoty pH						
Dny měření/ vzorky	Důl Lazy 1	Důl Lazy 2	Důl Lazy 3	Rybník Svinov 1	Rybník Svinov 2	Rybník Svinov 3
12.7.	7.948	7.98	7.93	7.681	7.703	7.857
21.7.	7.772	7.461	7.517	7.1	7.027	7.014
24.7.	7.79	7.408	7.446	7.167	7.324	7.53
31.7.	7.711	8.116	7.388	7.07	7.245	7.322
7.8.				7.86	7.925	7.651
14.8.	7.113	8.757	7.106	7.508	8.426	7.634
21.8.	6.892	8.305	7.653	7.199	8.045	7.458
28.8.	7.342		7.08	7.243	7.491	7.153
4.9.	7.276	8.358	7.324	7.263	7.801	7.439
11.9.	7.191	8.781	7.172	6.955	8.024	7.354
18.9.	7.238	8.71	7.719	8.17	8.187	7.564
25.9.	7.161	8.945	8.092	7.155	8.022	7.319
2.10.	7.38	8.633	7.781	7.396	8.273	7.705
9.10.	7.38	7.869	7.787	7.435	8.03	7.371
16.10.	7.173	8.504	7.006	6.684	7.824	6.784
23.10.	7.371	7.127	7.468	7.145	8.487	7.195
30.10.	7.72		7.615	7.64	8.717	7.882
6.11.	7.624	8.487	7.47	7.072	8.362	7.053
10.11.	6.735	7.706	6.973	7.036	8.017	7.166
20.11.	6.699	7.626	7.015	6.562	7.885	7.319
27.11.	6.905	7.92	7.255	7.006	8.215	7.477
4.12.	6.908	8.125	7.012	6.781	8.089	6.968
11.12.	6.665	7.375	7.414	6.848	7.666	7.191
18.12.	6.64	8.04	7.117	6.467	7.75	7.072
25.12.	6.58	7.891	7.24	6.702	7.747	7.055
1.1.	6.671	8.009	7.146	6.92	7.745	6.842
8.1.	6.924	8.08	7.497	6.699	7.933	7.37
15.1.	6.832	8.32	7.112	6.933	7.818	7.082
22.1.	6.176	8.016	7.332	6.476	8.148	7.801
29.1.	7.148	7.946	7.336	7.184	7.916	7.361
5.2.	7.16	7.917	7.148	7.184	8.044	7.424

Příloha 5:Naměřené hodnoty pH, Brodská 2018